خلاصه فیزیک ۳

www.sahlamooz.ir

مؤلف: حجت نجفی

ارتباط با مؤلف: ۰۹۱۲۳۹۶۶۳۴۰

***** این از اون مقدمه ها نیست که نخونی چیزه زیادی از دست ندیدآآآآآآ ! *****

معلم فیزیکه در حال صحبت درباره ی مدیریت زمان، برای بعضی از دانش آموزاش، بود.
برای تفهیم موضوع، مثالی زد که هیچ وقت اونو فراموش نکنن.
اون همونطور که روبروی این بچه ها نشسته بودو مشغول بحث بود،به شوفی گفت: "خیل خوب، دیگه وقت امتحانه "!
بعد یک کوزه سنگی دهن گشادو از زیر میزش بیرون آوردو ، اونو رو میز گذاشت.
بعد حدود دوازده تا قلوه سنگ که هر کدام به اندازه ی یه مشت بودو یکی یکی و با دقت داخل کوزه چید.
وقتی کوزه پر شد و دیگه هیچ سنگی تو اون جا نگرفت از بچه ها پرسید: "آیا کوزه پره؟"
همه با هم گفتند: بله
معلمه گفت " :واقعا؟"
بعد یک سطل ماسه از زیر میزش در آورد. یه خورده از ماسه ها رو روی سنگ های داخل کوزه ریخت و کوزه رو تکون داد تا دونه های ماسه، خودشونو تو فضای خالی بین سنگا جا بدن.
یه بار دیگه پرسید: "آیا کوزه پره؟"
این بار کلاس از اون جلوتر بود. یکی از بچه ها جواب داد: " احتمالا نه"
معلمه گفت: "خوبه" و بعد یه سطل شن ریزه رو از زیر میز بیرون آورد و شن ریزه ها رو داخل کوزه ریخت.
شن ریزه ها تو فضای خالی بین سنگا و دونه های ماسه جا گرفتن.
همون موقع یه پارچ آبم آوردو شروع به ریختن آب تو کوزه کرد تا وقتی که کوزه لب به لب پر شد.
بعد رو به کلاس کرد و پرسید :"کی می تونه بگه نکته ی این مثال تو چی بود؟"
یکی از بچه ها، مشتاقانه دستش رو بلند کرد و گفت: " این مثال می خواد به ما بگه که برنامه ی زمانی ما هر چقدرم که فشرده باشه، اگه واقعا زیاد تلاش کنیم همیشه می تونیم کارای بیشتری تو اون بگنجونیم. "
معلمه جواب داد:"نه" ! نکته این نیست،
حقیقتی که این مثال به ما یاد می ده اینه که، اگه سنگای بزرگو اول نذارید، هیچ وقت فرصت پرداختن به اونارو نخواهید یافت.
سنگای بزرگ زندگی شما چیا هستن؟
" تحصیلتون، رویاهاتون، محبوبیتتون، انگیزه های با ارزشتون، زمانی برای خودتون، سلامتی تون و... "
یادتون باشه که اول این سنگا ی بزرگو بذارید، در غیر این صورت هیچ وقت به اونا دست نخواهید یافت.
اگه با کارآی کوچیک (شن و ماسه) خودتونو خسته کنید، زندگی خودتونو با کارآی کوچیکی که اهمیت زیادی ندارن پر می کنید و هیچ وقت زمان کافی و مفید برای کارآی بزرگ و مهم (سنگ های بزرگ) نخواهید داشت.
هر صبح و شبی که به این مثال فکر کردی، این سوالو از خودت بپرس:
"سنگ های بزرگ زندگی من کدومان؟" اول اونارو داخل کوزه ی زندگیت بچین.

شاید این خلاصه درسها یکی از سنگای بزرگ کنکور فیزیکت بشه! این طور نیست؟
بعد خوندنش می تونی نظرتو برام بفرستی.

ارتباط با حجت نجفی:

0912-3966340

www.sahlamooz.ir

nh.najafi@yahoo.com

مبحث: ترمودینامیک،ساکن،خازن،جریان،مغناطیس،القا.

الف: مفاهیم اولیه‌ی ترمودینامیک

۱- کمیت ها ← ماکروسکوپیک: کمیت هایی هستند که وضعیت ماده را در مقیاس بزرگ توصیف می‌کنند.
↖ میکروسکوپیک: کمیت هایی هستند که به بررسی جزئیات رفتار تک‌تک مولکول‌های ماده می‌پردازند.

۲- دستگاه ← در این مبحث به بررسی تحولات ماده‌ی خاصی که معمولاً مایع و گاز است می‌پردازیم. این ماده را دستگاه (ماده‌ی کاری) گویند.
محیط ← و آن چه در اطراف دستگاه است و می‌تواند با آن تبادل انرژی کند، را محیط گویند.

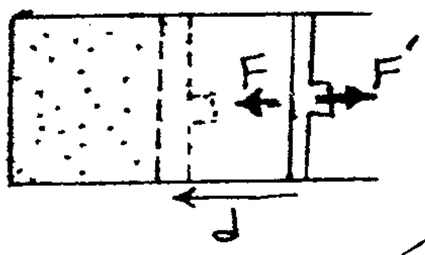
۳- متغیر ترمودینامیکی ← کمیت های ماکروسکوپیکی که حالت دستگاه را توصیف می‌کنند. مثل: دما (T)، فشار (P)، حجم (V)

۴- معادله‌ی حالت ← رابطه‌ی بین متغیرهای ترمودینامیکی است. (مثلاً تو گازها میگیم که P و V و T چه ربطی به هم دارن!)

۵- فرآیند ← وقتی که دستگاه از یک حالت (P_1 و V_1 و T_1) به حالت دیگر (P_2 و V_2 و T_2) برود، یک فرآیند ترمو انجام شده است.

۶- حالت تعادل ← هرگاه متغیرهای ترمودینامیکی برای یک دستگاه (مثل P و V و T برای گاز) در حین فرآیند در همه جا یکسان و مقدار مشخصی داشته باشد، دستگاه به حالت تعادل نزدیک است.
← ترمودینامیک فقط به بررسی وضعیت ماده در حالت تعادل می‌پردازد.

۷- تبادل انرژی ← گرما و کار دو نوع انتقال انرژی بین دستگاه و محیط هستند
← گرما: انرژی است که به علت اختلاف دما بین محیط و دستگاه مبادله می‌شود.
← اگر دستگاه (گاز) گرما بگیرد و گرم شود: $Q>0$
← اگر دستگاه گرما از دست بدهد و سرد شود: $Q<0$
← کار: هرگاه حجم دستگاه (گاز) تغییر کند، محیط (ما) روی دستگاه (گاز) کار انجام می‌دهد.
← اگر گاز متراکم شود، جابجایی و نیروی ما هم جهت خواهد بود و $W>0$
← اگر گاز منبسط شود، جابجایی و نیروی ما در خلاف جهت هم خواهند بود و $W<0$
← منظورمان از نیرو، نیروی محیط بر گاز است و منظورمان از کار نیز کار محیط روی گاز است.
← اگر نیروی گاز بر محیط و کار این نیرو بر محیط را بخواهیم، دقیقاً قرینه‌ی کار بالاست.

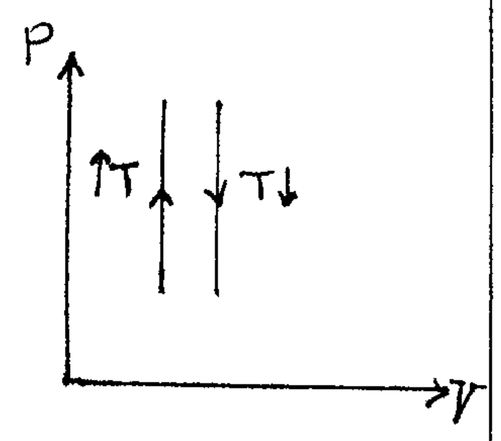
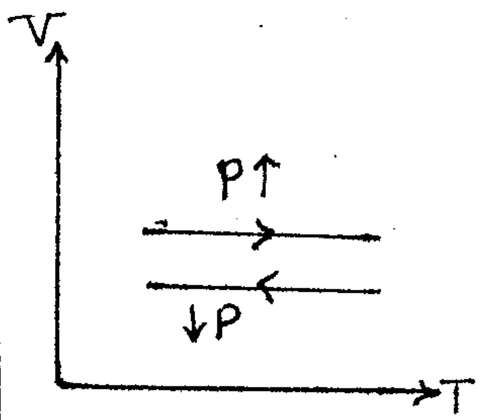
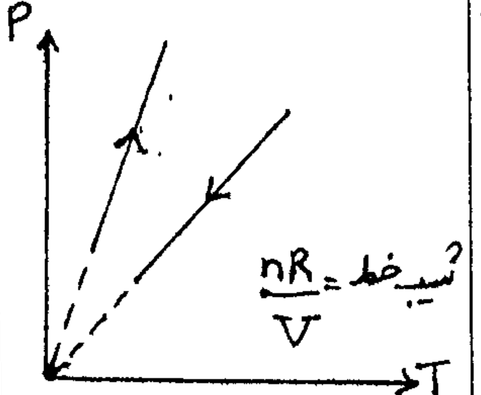
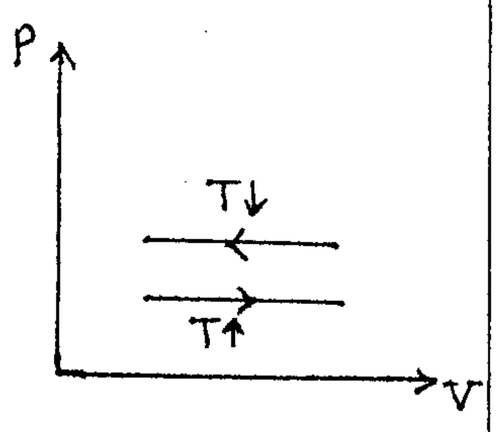
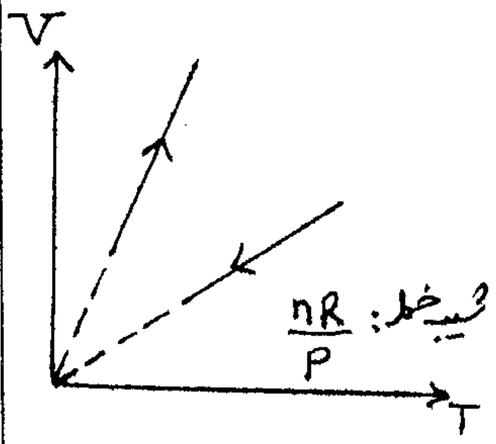
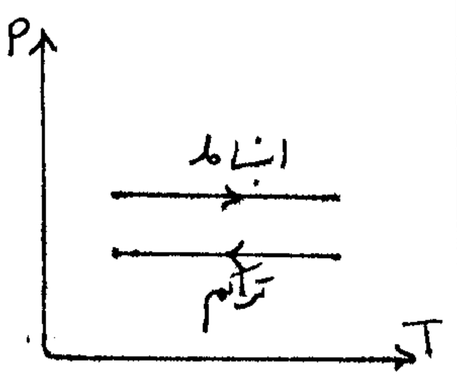
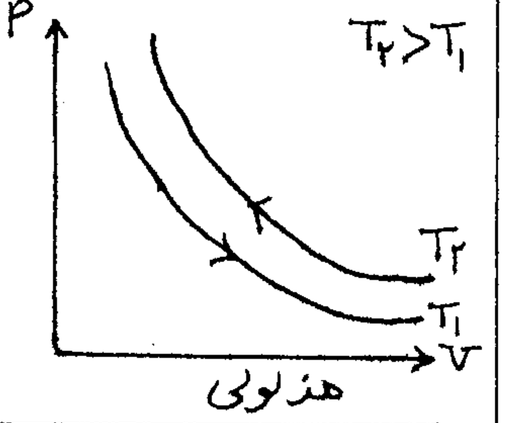
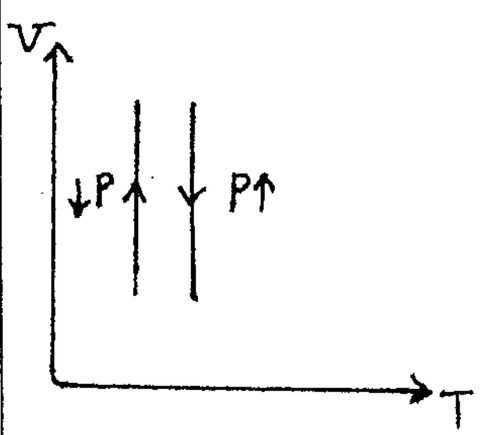
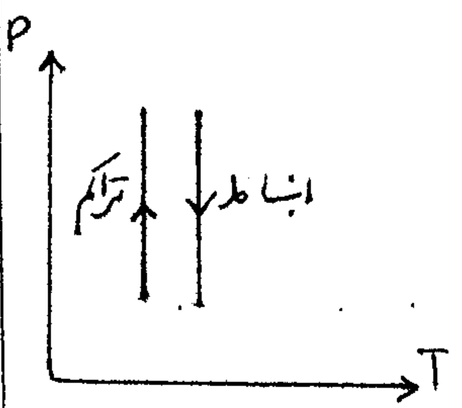
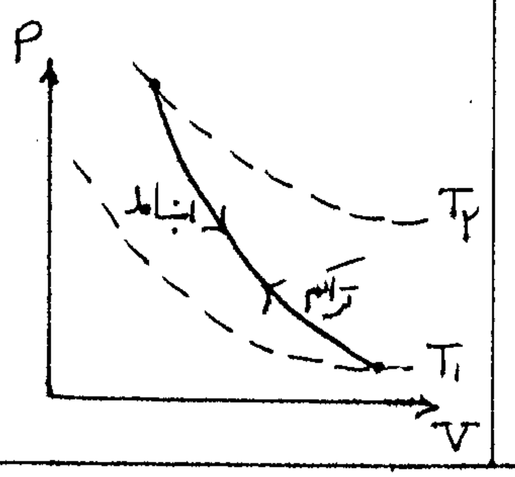


$\vec{F'} = -\vec{F}$ (عمل و عکس‌العمل) $\rightarrow W' = -W$

۸- منبع گرما ← جسمی است که با گرفتن و از دست دادن گرما، دمای آن به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر نکند و ثابت بماند.
مثل: هوای اتاق برای چای داغ و مخلوط آب و یخ برای یک سوزن داغ

ادامه‌ی مفاهیم اولیه، بعد از دیدن یک جدول فوق العاده مربوط به فرآیندهای خاص

www.sahlamooz.ir

معادله‌ی حالت	نمودار P-V	نمودار V-T	نمودار P-T	گرما	کار	تغییرات انرژی درونی
هم‌حجم (V ثابت) $P=\frac{nR}{V}T$ ، $P=$ عدد ثابت $\times T$ ، $\Delta P \propto \Delta T$				$Q=n c_{mV} \Delta T$ یا $Q=\frac{c_{mV}}{R} V.\Delta P$	$W=0$	تغییرات انرژی درونی در ۲ نوع مزآیندستگی ندارد و برای تمامی آنها برابر است با: $\Delta U = Q_V + 0$ $\Delta U = n c_{mV} \Delta T$ تک‌اتمی $= \frac{3}{2} nR\Delta T$ دواتمی $= \frac{5}{2} nR\Delta T$ چنداتمی $= \frac{6}{2} nR\Delta T$ در حالت کلی: $nR\Delta T = (P_2V_2 - P_1V_1)$
هم‌فشار (P ثابت) $V=\frac{nR}{P}T$ ، $V=$ عدد ثابت $\times T$ ، $\Delta V \propto \Delta T$				$Q=n c_{mP} \Delta T$ یا $Q=\frac{c_{mP}}{R} P.\Delta V$	$W=-P.\Delta V$ یا $W=-nR\Delta T$	C_{mV} = تک: $\frac{3}{2}R$، دو: $\frac{5}{2}R$، چند: $\frac{6}{2}R$ ؛ C_{mP} = تک: $\frac{5}{2}R$، دو: $\frac{6}{2}R$، چند: $\frac{7}{2}R$
هم‌دما (T ثابت) $PV=nRT$ ، $PV=$ ثابت $\rightarrow P \propto \frac{1}{V}$ ، $\Delta P \propto -\Delta V$				$Q=-W$ ، $\Delta U=0 \leftarrow \Delta T=0$	$W=-nRT\ln\frac{V_2}{V_1}$ ← منفی خود را بنویسید	$W=\Delta U$
بی‌دررو (هیچی ثابت نیست) $\frac{PV}{T}=nR$ (عدد ثابت) ، درگوشی: $PV^{\gamma}=$ عدد ثابت ← $\gamma=\frac{c_{mP}}{c_{mV}}>1$		ندارد	ندارد	$Q=0$	$W=\Delta U$	

نکته: برای یک نوع مشخص از یک گاز همواره $c_{mP}-c_{mV}=R$

www.sahlamoz.ir

۹- گاز کامل ← گازی است که ماکرو بسیار رقیق است و چگالی آن خیلی کم است.

ماکرو ← فاصله‌ی بین مولکول‌های آن بسیار زیاد و برهم‌کنش بین آنها ناچیز است.

میکرو

← معادله‌ی حالت آن: مستقل از نوع گاز است و فقط به مقدار آن بستگی دارد.

$PV = nRT$ و $n = \frac{m}{M}$ ← تعداد مول و m ← جرم گاز، M ← جرم مولکولی گاز

ثابت گازها: $R = 8/314 \ \frac{J}{mol.K}$ و

☑ تعداد مولکول‌های موجود در هر مول از یک ماده برابر با عدد آووگادرو ($6/02 \times 10^{23}$) است.

ج: انرژی درونی و قانون اول ترمودینامیک:

۱- انرژی درونی: مجموع انرژی های جنبشی و پتانسیل مولکول‌های تشکیل دهنده ی آن ماده است.

۲- دما: میانگین (متوسط) انرژی جنبشی ذرات تشکیل دهنده‌ی یک ماده است.

۳- در گاز کامل ← چون برهم‌کنش بین مولکول‌های آن ناچیز است، می‌توان از انرژی پتانسیل ذرات صرفنظر کرد و انرژی درونی این گازها فقط تابعی از میانگین انرژی جنبشی ذرات آن است.

نتیجه ← برای گاز کامل انرژی درونی آن تابعی از دمای مطلق گاز است. (دما برحسب کلوین)

و تغییرات انرژی درونی فقط به تغییرات دمای گاز و مقدار گاز و چند اتمی بودن مولکول آن بستگی دارد و اصلاً به نوع گاز بستگی ندارد.

۴- قانون اول ترمودینامیک ← مقدار تغییر انرژی درونی، به مقدار کار و گرمای مبادله شده بین دستگاه و محیط ارتباط دارد و این همان قانون پایستگی انرژی است که در مورد فرآیندها به کار می رود.

خود قانون ← جمع جبری کار انجام شده روی دستگاه (W) و گرمای مبادله شده‌ی با آن (Q) برای یک گاز برابر تغییر انرژی درونی آن است: $\Delta U = Q + W$

← گرما و کار مبادله شده بین دستگاه و محیط فقط در حین فرآیند معنا دارد.

☑ پس از اتمام فرآیند، انرژی های منتقل شده به صورت انرژی درونی دستگاه درمی آیند و دیگر نمی توانیم مشخص کنیم که کدام بخش از افزایش انرژی درونی از کار و کدام یک از گرما ناشی شده است.

مثل: دریاچه‌ای که آب آن در اثر بارش باران و آب رودخانه افزایش می یابد. نمی توان نشان داد که کدام قسمت از آب آن مربوط به باران و کدام یک مربوط به ورود رودخانه است.

۵- چرخه ← فرآیندی است که در طول آن دستگاه پس از طی چند فرآیند به حالت اولیه‌ی خود (P_1 و V_1 و T_1) برمی‌گردد.

← در یک چرخه (مانند فرآیند هم دما) چون دمای ابتدایی و نهایی آن برابر است، تغییرات انرژی درونی صفر است:

$\Delta U = 0 \rightarrow Q = -W$ و کار انجام گرفته روی دستگاه قرینه‌ی گرمای مبادله شده است.

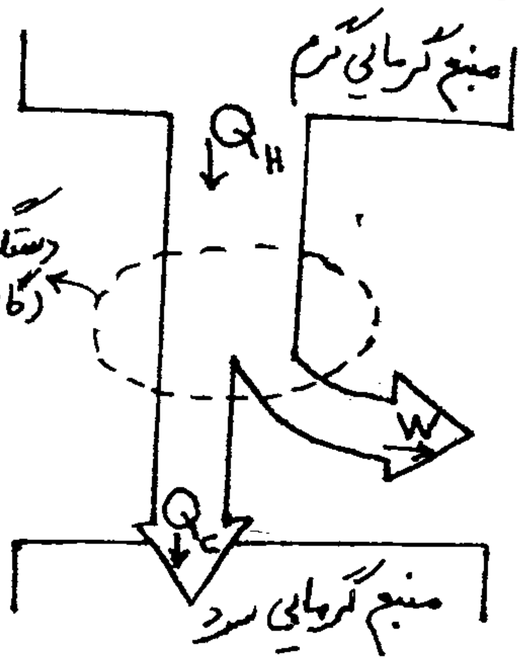
← در نمودار (P-V) مربوط به چرخه، مقدار کار کل برابر است با مساحت داخل چرخه.
اگر چرخه ساعتگرد باشد ($W<0$) و اگر چرخه پادساعتگرد باشد ($W>0$) است.

د: ماشین گرمایی و بیان قانون دوم ترمو:

ماشین گرمایی

۱- در این وسیله، گاز مقداری گرما از یک منبع گرم می‌گیرد و پس از انجام کار روی محیط، گرمای باقی‌مانده را از دستگاه می‌دهد.

۲- این ماشین‌ها در یک چرخه کار می‌کنند و نمودار P-V آن‌ها همواره ساعتگرد ($W<0$) است.



۳- انواع ماشین گرمایی ← برون سوز: گرما توسط کوره (از بیرون دستگاه) به دستگاه داده می‌شود. (ماشین بخار)

← درون سوز: گرما از طریق آتش گرفتن مخلوط (گاز) در داخل محفظه تأمین می‌شود. (ماشین دیزلی و بنزینی)

۴- قانون اول ترمودینامیک ماشین گرمایی: (قدر مطلق برای گرمای منفی به کار می‌رود)

$\Delta U = Q_H - |Q_C| - |W| = 0 \rightarrow Q_H = |Q_C| + |W|$

۵- قانون دوم ترمو به بیان ماشین گرمایی: ممکن نیست دستگاه چرخه‌ای را طی کند که در آن مقداری گرما از منبع گرم بگیرد و تمام آن را تبدیل به کار کند.

یعنی: $\begin{cases} |Q_C| \neq 0 \ , \ Q_H \neq |W| \\ Q_H > |W| \end{cases}$

۶- بازده ماشین گرمایی ← محاسبه کمیتی است که نشان می‌دهد، چه کسری از گرمای دریافت شده به کار تبدیل می‌شود و واحد ندارد.

$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{Q_H - |Q_C|}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H}$ و همواره کوچکتر از یک است. (طبق قانون دوم ترمو)

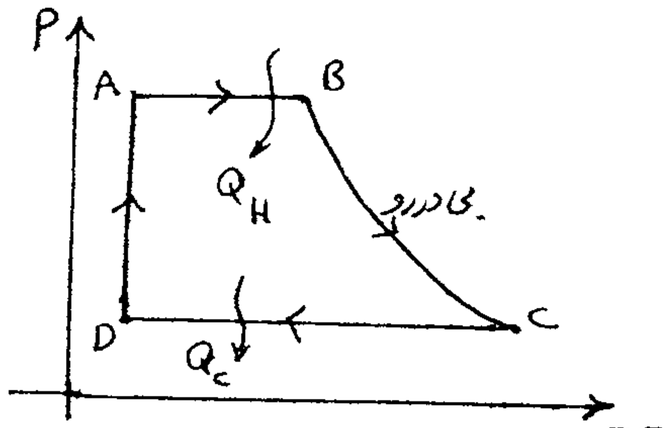
← بیشترین مقدار: اگر دستگاه با چرخه‌ی کارنو بین دو منبع گرم و سرد با دماهای T_C و T_H کار کند و مقدار آن برابر است با:

$\eta_{max} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$

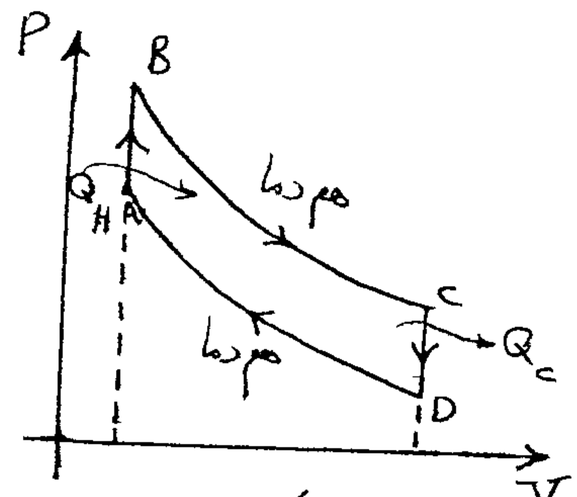
☑ برای افزایش بازده، بهترین راه، کاهش دمای چشمه‌ی سرد است.

www.sahlamooz.ir

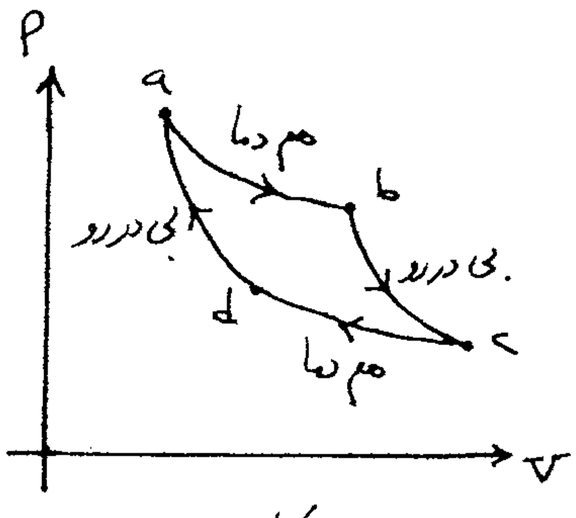
۷- چند چرخه‌ی ماشین گرمایی معروف:



چرخه‌ی ماشین بخار (برون سوز)



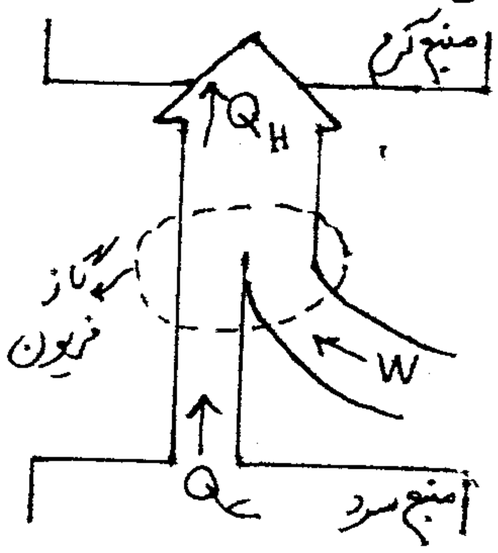
چرخه‌ی استرلینگ (اُتو - درون سوز)



چرخه‌ی کارنو

یخچال

۱- مقداری گاز فریون چرخه‌ای را در جهت پادساعتگرد (در P-V) طی می‌کند و محیط با انجام کار W روی این گاز، باعث گرفتن گرمای Q_c (از محتویات داخل یخچال) توسط گاز می‌شود و همه‌ی این انرژی‌ها به صورت Q_H به هوای بیرون داده می‌شود.



۲- این وسیله هم در یک چرخه کار می‌کند و نمودار P-V آن همواره پادساعتگرد ($W<0$) است.

۳- قانون اول ترمودینامیک: $|Q_H| = Q_c + W$

۴- قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی: گرما به خودی خود از جسم سرد به جسم گرم منتقل نمی‌شود و باید حتماً کار انجام گیرد: $W \neq 0$ ، $|Q_H| \neq Q_c$ یعنی: $|Q_H| > Q_c$

۵- ضریب عملکرد یخچال: یخچالی که با انجام کار کمتر، گرمای بیشتری را به بیرون منتقل کند، بهتر است:

$$K = \frac{Q_c}{W} \longrightarrow K_{max} = \frac{T_c}{T_H - T_c}$$

if $2 \leq K \leq 7$ → یخچال تجاری است.

۶- یخچال مثل یه ماشین گرمایی است که در جهت عکس کار می‌کند. پس داریم:

$$\eta = \frac{1}{K+1}$$

www.sahlamooz.ir

۱ـ بار الکتریکی (یادآوری از فیزیک سال اول)

✓ یک اتم از دو قسمت هسته و الکترون تشکیل شده است. هسته در قسمت مرکزی اتم و از ذرات **پروتون** و **نوترون** تشکیل می‌یابد. **نوترون** از نظر الکتریکی خنثی است و بار الکتریکی پروتون و الکترون مخالف یکدیگر و از نظر مقدار برابر است.

✓ واحد بار الکتریکی **کولن** است و با نما «C» نمایش می‌دهند. اندازه بار الکترون و پروتون $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ است.

✓ در حالت عادی تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی هر اتم با تعداد الکترون اتم آن برابر است، لذا در حالت عادی اتم از نظر الکتریکی خنثی است. اجسامی که اتم‌های آنها خنثی هستند، از نظر الکتریکی خنثی هستند.

✓ جسمی که n تا الکترون از دست بدهد، تعداد الکترون‌های آن کمتر از پروتونهایش می‌شود و جسم به اندازه‌ی ne بار مثبت پیدا می‌کند و بالعکس.

بار یک الکترون $\rightarrow \pm ne = q \Leftarrow$ بار الکتریکی

✓ در برخی اجسام، الکترون‌هایی که در دورترین مدار نسبت به هسته قرار دارند، به راحتی از اتم جدا می‌شوند و می‌توانند به آسانی درون جسم جابه‌جا شوند، به این الکترون‌ها، الکترون آزاد و به این اجسام **رسانا** گویند. مثل فلزات.

✓ برعکس، اجسامی که الکترون‌های آن نمی‌توانند آزادانه در آن جا به جا شوند و به سختی به هسته‌ی اتم وابسته‌اند، اجسام **نارسانا** نام دارند. مثل چوب و گچ و کاغذ که در آنها بار الکتریکی به هیچ وجه نمی‌تواند انتقال پیدا کند.

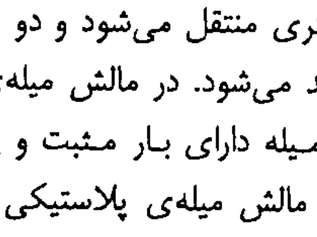
✓ **قانون پایستگی بار الکتریکی:** بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود و فقط از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.

✓ یک جسم را به سه روش **مالش** و **تماس** و **القاء** می‌توان باردار کرد.

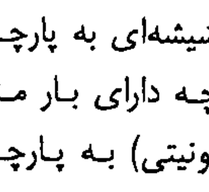
۱) اگر دو جسم را به هم مالش دهیم، تعدادی از الکترون‌های یکی به دیگری منتقل می‌شود و دو جسم باردار با علامت مخالف تولید می‌شود. در مالش میله‌ی شیشه‌ای به پارچه‌ی ابریشمی، میله دارای بار مثبت و پارچه دارای بار منفی می‌شود. در مالش میله‌ی پلاستیکی (ابونیتی) به پارچه‌ی پشمی، میله دارای بار منفی و پارچه دارای بار مثبت می‌شود.

۲) اگر یک جسم باردار را به یک جسم بدون بار تماس دهیم، مقداری از بار آن به جسم بدون بار انتقال می‌یابد. اگر جسم مورد نظر نارسانا باشد، بار داده شده در محل داده شده باقی می‌ماند ولی اگر جسم مورد نظر رسانا باشد، بار در سطح خارجی آن توزیع می‌گردد.

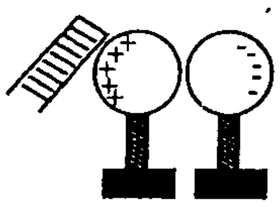
۳) با توجه به آنکه نیروی الکتریکی یک نیروی غیر تماسی است، پس بارهای یک جسم باردار از راه دور هم می‌توانند بر بارهای یک جسم خنثی اثر بگذارند و آنها را جذب کنند. مثلاً شکل زیر دو کره‌ی رسانای بدون بار را نشان می‌دهد که به روش القاء باردار شده‌اند.



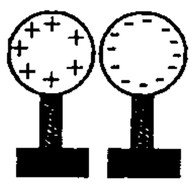
(۲)



(۱)



(۳)



(۴)

✓ اساس جذب شدن کاغذ به خودکار و افتادن آن پس از مدتی، چسبیدن پرز به تلویزیون و چسبیدن بادکنک به دیوار **القاء** می‌باشد.

✓ هرگاه یک جسم باردار را به یک الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم و بار این دو همنام باشد، مشاهده می‌کنیم که انحراف ورقه‌ها بیشتر می‌شود.

✓ دو جسم هرگز نمی‌توانند یکدیگر را به روش القاء دفع کنند، القاء فقط برای جذب دو جسم باردار ناهم‌نام و یا یک جسم باردار و خنثی است.

✓ در صورتی که بار جسم و الکتروسکوپ ناهمنام باشد، با نزدیک کردن جسم به الکتروسکوپ می‌بینیم که انحراف ورقه‌ها ابتدا کاهش یافته، به تیغه می‌چسبند و سپس دوباره ورقه‌ها از هم جدا می‌شوند.

۲ـ قانون کولن:

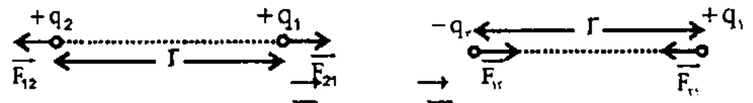
✓ اگر دو ذره‌ی باردار در مجاورت هم قرار گیرند، به هم نیرو وارد می‌کنند. اگر دو بار هم نام باشند، نیروهایی که به هم وارد می‌کنند دافعه (رانشی) و اگر ناهمنام باشند، این نیروها جاذبه (رانشی) می‌باشد.

✓ نیرویی که دوبار به هم وارد می‌کنند در امتداد خط واصل آنها، با اندازه‌ی مساوی و در خلاف جهت یکدیگر است (قانون دوم نیوتن)

✓ مقدار این نیرو از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$F = k\frac{q_۱ q_۲}{r^۲}$$ ثابت کولن و $$k = \frac{۱}{۴\pi\varepsilon_۰} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N.m}{C^۲}$$

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



$$\vec{F}_{۲۱} = -\vec{F}_{۱۲}$$

✓ برای آنکه یک یا چند بار در مجاورت هم در تعادل قرار گیرند، باید برآیند نیروی وارد بر هر بار از طرف بارهای دیگر صفر شود.

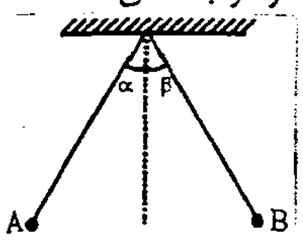
✓ اگر دو کره‌ی رسانا و مشابه باردار را به هم تماس دهیم، بار بطور مساوی بین آنها توزیع می‌شود:

$$q' = \frac{q_۱ + q_۲}{۲}$$ بار هر کره

در این رابطه باید علامت بارها را رعایت کنیم.

✓ زمانی دو جسم باردار هم نام که مجموع بار آنها ثابت است، بیشترین نیرو را بر هم وارد می‌کنند که بار آن دو با هم برابر باشد.

✓ شکل روبرو دو آونگ الکتریکی باردار هم نام را نشان می‌دهد. مقدار انحراف آونگ‌ها فقط به جرم آنها بستگی دارد. آنکه جرم بیشتری دارد کمتر منحرف می‌شود و بالعکس.



www.sahlamooz.ir

۳ـ میدان الکتریکی:

✓ یک بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود، خاصیتی ایجاد می‌کند که به هر بار الکتریکی دیگری که در این فضا قرار گیرد، نیرو وارد می‌کند و به آن میدان الکتریکی می‌گویند.

✓ میدان الکتریکی نیروی وارد بر یکای بار الکتریکی مثبت را در هر نقطه گویند.

بار	نیرو
$+q_0$	$\vec{F}$
$+1C$	$\vec{E}$

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

✓ اگر از رابطه‌ی فوق میدان بار q را در نقطه A که در فاصله‌ی r از بار الکتریکی q_0 است حساب کنیم، داریم:

$$E=\frac{F}{q_0}=\frac{k\frac{qq_0}{r^2}}{q_0}=k\frac{q}{r^2}$$

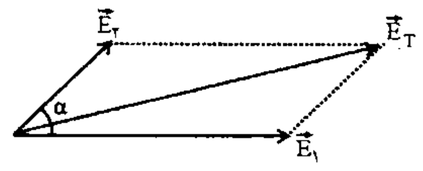
که میدان الکتریکی با اندازه‌ی بار q نسبت مستقیم و با مجذور فاصله از آن نقطه نسبت وارون دارد.

✓ میدان الکتریکی در هر نقطه، هم جهت با نیروی وارد بر بار الکتریکی مثبت واقع در آن نقطه است.

یادآوری ریاضی: (برآیندگیری از نیرو و میدان الکتریکی):

✓ برآیند دو میدان الکتریکی E_1 و E_2 که با هم زاویه‌ی α می‌سازند.

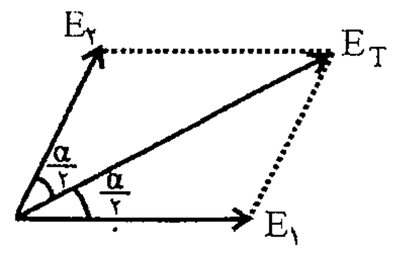
$$E_T=\sqrt{E_1^2+E_2^2+2E_1E_2\cos\alpha}$$



اگر بزرگی E_1 و E_2 برابر باشد: $E_T=2E_1\cos\frac{\alpha}{2}$

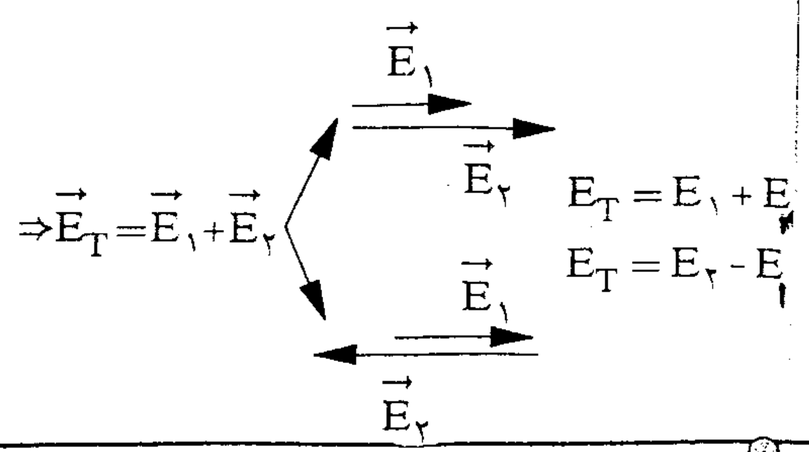
مثلاً:

$$\begin{cases} a=90\rightarrow E_T=E_1\sqrt{2}=E_2\sqrt{2} \\ a=60\rightarrow E_T=E_1\sqrt{3}=E_2\sqrt{3} \\ a=120\rightarrow E_T=E_1=E_2 \end{cases}$$

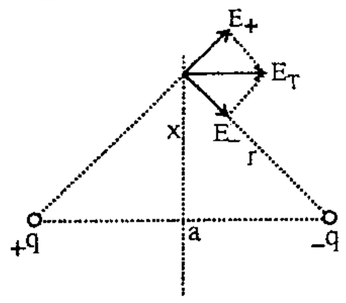


تذکر: اگر بزرگی E_1 و E_2 مساوی نباشد، میدان برآیند نزدیک به میدان بزرگتر می‌شود و اگر مساوی باشند، میدان برآیند روی نیمساز زاویه‌ی بین آنها قرار می‌گیرد.

✓ اگر میدان‌های الکتریکی هم امتداد باشند:



✓ دو بار الکتریکی هم اندازه و مختلف‌العلامه که در فاصله‌ی مشخصی از هم ثابت شده‌اند را دو قطبی می‌گویند. میدان الکتریکی را روی عمود منصف خط واصل آنها رسم کنید.



✓ اندازه‌ی میدان الکتریکی در قسمت قبل برابر است با:

$$E_1=E_2=k\frac{q}{r^2}\quad,\quad r^2=a^2+x^2$$

$$E_T=2E_1\cos\alpha=2\frac{q}{a^2+x^2}\times\frac{a}{\sqrt{a^2+x^2}}$$

می‌تونه نکته باشه:

$$\Rightarrow E_T=\frac{2kqa}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

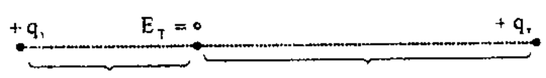
صفر شدن میدان الکتریکی روی خط واصل دو بار نقطه‌ای:

✓ هرگاه دو بار الکتریکی q_1 و q_2 به فاصله‌ی d از هم واقع باشند: اگر هم نام باشند، میدان الکتریکی برآیند روی خط واصل بارها در فاصله‌ی بین آنها و اگر ناهمنام باشند، میدان خارج فاصله‌ی آنها و در امتداد خط واصل بارها صفر خواهد شد.

این نقطه همیشه در نزدیکی باری است که مقدار آن کوچکتراست.

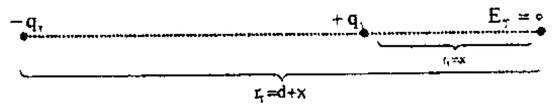
$$E_T=0\Rightarrow |E_1|=|E_2|\Rightarrow$$

$$k\frac{|q_1|}{r_1^2}=k\frac{|q_2|}{r^2}\Rightarrow\frac{|q_1|}{r_1^2}=\frac{|q_2|}{r_2^2}$$



$r_1=x$ $\quad r_2=d-x$

$(q_1<q_2$ بین دو بار هم نام و نزدیک به بار کوچکتر)



$(q_1<|q_2|$ خارج از فاصله‌ی دو بار ناهم‌نام و در سمت بار کوچکتر از)

تجسم میدان الکتریکی اطراف بارها:

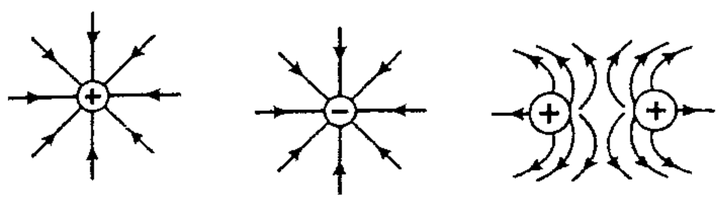
میدان الکتریکی را در اطراف یک جسم باردار با خط‌هایی نشان می‌دهیم که به آن خطوط میدان گویند. ویژگی این خطوط:

۱) این خط‌ها به بار منفی وارد و از بار مثبت خارج می‌شوند. (بر بار منفی نیرو در خلاف جهت میدان وارد می‌شود)

۲) میدان در هر نقطه، برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد.

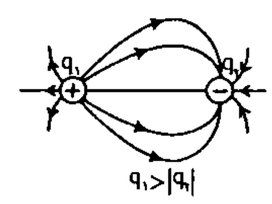
۳) هر جا، میدان قوی‌تره،خط‌های میدان به هم نزدیکتر و فشرده‌ترند.

۴) خط‌های میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند، در هر نقطه فقط یک خط میدان وجود دارد که همان میدان برآیند است.

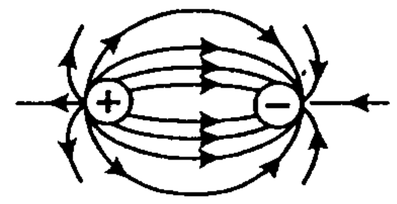


(بارها هم‌اندازه‌اند)

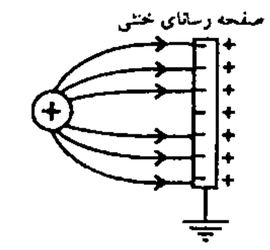
www.sahlamooz.ir

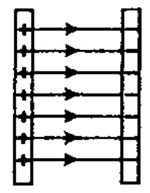


$q_1 > |q_2|$



(دو قطبی الکتریکی است)





(میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه‌ی خازن)

توزیع بار الکتریکی در یک جسم:

✓ وقتی به یک جسم نارسانا بار الکتریکی داده می‌شود، بار در محل داده شده می‌ماند و در جسم توزیع نمی‌شود.

✓ وقتی به یک جسم رسانا بار الکتریکی داده می‌شود، بار به سطح خارجی جسم می‌رود و در آن جا توزیع می‌گردد و ساکن نمی‌ماند.

✓ اگر به یک جسم رسانا بار منفی بدهیم این الکترون‌های آزاد هستند که حرکت می‌کنند و یکدیگر را می‌رانند تا در وضعیت تعادل قرار گیرند. درنتیجه به روی سطح جسم می‌رسند و از آنجا بیرون نمی‌توانند بروند.

✓ اگر به همین رسانا بار مثبت بدهیم یعنی از الکترون‌های آزاد آن کم کنیم. درنتیجه الکترون‌های آزاد سطح خارجی جسم رسانا جای خالی آنها را پر می‌کنند و ما احساس می‌کنیم که در سطح خارجی بار مثبت جمع شده است. (بار مثبت یعنی کم شدن الکترون‌های آزاد نسبت به حالت عادی)

✓ روی سطح یک کره‌ی رسانا، بار الکتریکی به طور یکنواخت توزیع می‌شود ولی در حالت کلی تراکم بار در نقاط تیز جسم رسانا بیشتر است.

✓ تراکم بار روی سطح خارجی جسم رسانا (بار الکتریکی موجود در واحد سطح خارجی) را **چگالی سطحی** می‌گویند و از رابطه‌زیر محاسبه می‌شود. واحد آن کولن بر متر مربع است.

بار	سطح خارجی
q	A
σ	$1m^2$

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

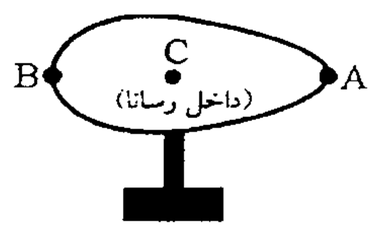
* برای یک سطح کروی شکل $A=4\pi r^2$ (مساحت سطح کره) می‌باشد $\Leftarrow (\delta \propto \frac{1}{r^2})$

✓ **پتانسیل الکتریکی جسم رسانای باردار:** کلیه‌ی نقاط یک جسم رسانای باردار (چه روی سطح رسانا چه داخل رسانا) پتانسیل الکتریکی یکسانی دارند.

$\sigma_A > \sigma_B$, $\sigma_C = 0$ (چگالی سطح)

$E_A > E_B$, $E_C = 0$ (میدان الکتریکی)

$V_A = V_B = V_C$ (پتانسیل الکتریکی)



✓ میدان الکتریکی در نزدیکی سطح رسانای باردار در تمام نقاط بر سطح عمود بوده و اندازه‌ی آن در نزدیکی سطح از رابطه‌ی روبرو بدست می‌آید:

$$E = k\frac{q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma \times 4\pi R^2}{r^2}\Big|_{r=R}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{\sigma \times 4\pi R^2}{R^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

که نشان می‌دهد در هر ناحیه‌ای از سطح که چگالی سطحی بار بیشتر باشد، میدان الکتریکی در نزدیکی سطح آن ناحیه بیشتر است.

۵ـ پتانسیل الکتریکی:

✓ انرژی پتانسیل الکتریکی برای واحد بار (+۱C) است که فقط به محل نقطه در میدان الکتریکی بستگی دارد و به مقدار بار و... بستگی ندارد. واحد آن ولت است.

انرژی	بار
u	q
V	+۱C

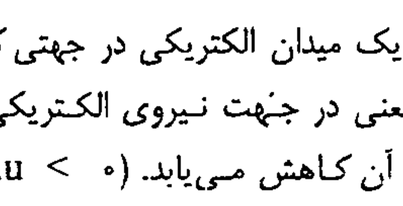
$$\Rightarrow V = \frac{u}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{\Delta u}{q}$$

از طرفی اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه برابر تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برای بار $+q$ می‌باشد.

✓ برای آنکه یک بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی با سرعت ثابت حرکت داده شود باید نیروئی هم اندازه‌ی نیروی الکتریکی، و در خلاف جهت آن به بار الکتریکی وارد آوریم و با توجه به مبحث کار و انرژی «کار نیروی پایستار (الکتریکی) با تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی قرینه‌ی یکدیگرند و داریم:

کار میدان $W' = F'd\cos\alpha' \Rightarrow \Delta u = -W'$, $\Delta u = W$

کارما $W = Fd\cos\alpha$



$\begin{cases} \alpha' = 180^\circ \\ \alpha = 0 \end{cases}$

✓ هرگاه در یک جابجائی، بار انرژی پتانسیل الکتریکی خود را آزاد کند ($\Delta u < 0$) و هرگاه انرژی ذخیره کند ($\Delta u > 0$) است.

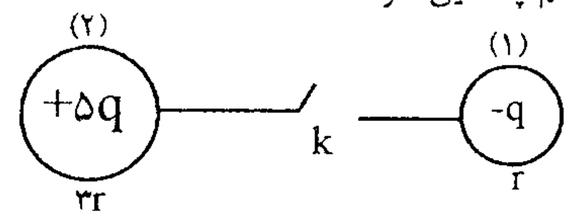
✓ هرگاه یک بار الکتریکی را در جهت میدان جابجا کنیم، پتانسیل الکتریکی آن کاهش و هرگاه در خلاف جهت میدان الکتریکی جابجا کنیم، پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد و این مستقل از علامت بار است.

به عبارت دیگر: «با نزدیک شدن به بارهای مثبت، پتانسیل الکتریکی افزایش و با دور شدن از آنها پتانسیل کاهش می‌یابد وبالعکس.

✓ هرگاه بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی در جهتی که خودش می‌خواهد برود (یعنی در جهت نیروی الکتریکی) انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. ($\Delta u < 0$) می‌شود) و اگر ما آن را در خلاف جهتی که خودش می‌خواهد (یعنی در خلاف جهت نیروی الکتریکی) جا به جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد ($\Delta u > 0$ می‌شود).

www.sahlamooz.ir

✓ **خوبه که بدونیم** پتانسیل یک کره‌ی رسانا از رابطه‌ی $V \propto \frac{q}{r}$ بدست می‌آید و وقتی دو کره به هم وصل می‌شوند، مجموع بارهای آنها به نسبت شعاع کره‌ها تقسیم می‌شود تا آن دو، هم پتانسیل شوند مثلاً:



برای هر r یک $q+$ می‌رسد $\Rightarrow$ بعد از بستن کلید $\begin{cases} Q = +5q - q = 4q \\ R_{\text{کل}} = 3r + r = 4r \end{cases}$

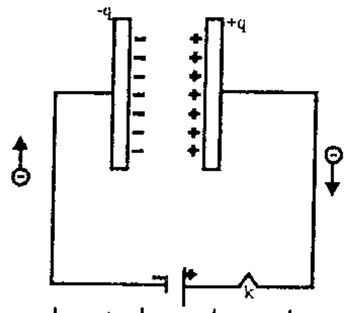
$$\Rightarrow \begin{cases} q'_{(1)} = +q \\ q_{(2)} = +3q \end{cases}$$

۶ـ خازن:

✓ یک قطعه‌ی الکتریکی است که می‌تواند مقداری بار الکتریکی و انرژی الکتریکی در خود ذخیره کند و در صورت لزوم در مدار تخلیه نماید.

✓ ساده‌ترین نوع آن از دو صفحه‌ی تخت رسانا که به یکدیگر اتصال ندارد و در مقابل هم به صورت موازی قرار دارند، تشکیل شده است، که به آن خازن تخت یا مسطح گویند.

✓ **نحوه باردار کردن خازن:** دو صفحه‌ی خازن را با یک کلید به دو سر باتری متصل می‌کنیم. اگر کلید را ببندیم الکترون از پایانه منفی مولد به صفحه‌ی متصل به آن منتقل می‌شود و صفحه‌ی مقابل به روش القاء با دادن الکترون‌های خود به پایانه‌ی مثبت مولد، دارای بار مثبت می‌گردد. این انتقال الکترون تا زمانی ادامه می‌یابد که اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی با اختلاف پتانسیل دو سر مولد یکسان شود.



✓ برای باردار کردن خازن، باتری انرژی از دست می‌دهد و این انرژی به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در خازن ذخیره می‌شود.

و ✓ وقتی می‌گوئیم بار q در خازن ذخیره شده است یعنی بار روی یک صفحه‌ی خازن بار قرار q- روی صفحه‌ی دیگر بار q+ دارد.

ظرفیت خازن: با افزایش اختلاف پتانسیل دو سر مولد، بار ذخیره شده در خازن نیز افزایش می‌یابد ولی نسبت بار خازن (q) به اختلاف پتانسیل دو سر آن (V) ثابت می‌ماند و این نسبت به اندازه q و V بستگی ندارد.

این نسبت را ظرفیت خازن گویند و واحد آن کولن بر ولت یا فاراد است. $C = \frac{q}{V}$

عوامل موثر بر ظرفیت خازن تخت: ظرفیت یک خازن تخت فقط و فقط به مشخصات ساختمانی و فیزیکی آن بستگی دارد از جمله:

۱) با مساحت سطح مشترک صفحه‌های خازن که روبروی یکدیگر قرار دارند رابطه‌ی مستقیم دارد. (A)

۲) با فاصله‌ی صفحات از هم رابطه‌ی عکس دارد. (d)

۳) با ضریب دی الکتریک (عایق رسانا) بین دو صفحه رابطه‌ی مستقیم دارد. (k)

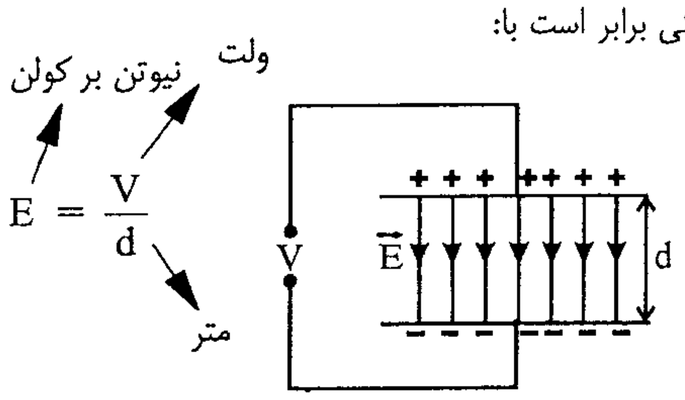
و برای خلا و هوا $k=1$ و برای عایق‌های دیگر $k > 1$

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

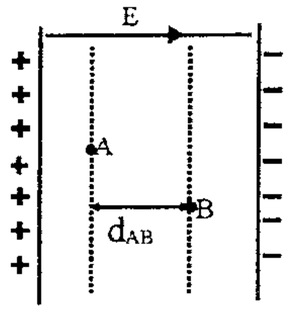
✓ با قرار دادن یک صفحه‌ی فلزی به ضخامت d'، از ضخامت عایق بین صفحه‌ها کاسته می‌شود و ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.

✓ **میدان الکتریکی یکنواخت:** میدانی است که در تمام نقاط بزرگی و جهت آن یکسان است (بردار میدان ثابت می‌ماند.)

برای خازن مسطحی که فاصله‌ی دو صفحه‌ی آن برابر d است و اختلاف پتانسیل دو صفحه برابر V است، اندازه‌ی میدان الکتریکی برابر است با:



✓ در یک میدان الکتریکی یکنواخت، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه با فاصله‌ی آن دو نقطه در امتداد میدان الکتریکی متناسب است.



$$V_{AB} = E.d_{AB}$$

✓ **انرژی ذخیره شده در خازن:** وقتی دو بار الکتریکی (هم نام یا غیر همنام) در مجاورت هم قرار گیرند، در مجموعه‌ی بارها انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره می‌شود. در خازن پر شده هم به همین دلیل انرژی ذخیره می‌شود و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$u = \frac{1}{2}qv \xrightarrow{q = cv} \text{اولی: } u = \frac{1}{2}cv^2$$

$$V = \frac{q}{c} \Rightarrow \text{دومی: } u = \frac{1}{2}\frac{q^2}{c}$$

کاربرد اولی:

۱) خازن با ولتاژ معین

۲) مقایسه‌ی انرژی خازن‌های موازی ۳) بررسی تغییرات u در اثر تغییر c در خازنی با بار ثابت

کاربرد دومی:

۱) خازن با بار معلوم و ثابت (جدا از مولد)

۲) مقایسه‌ی انرژی خازن‌های متوالی

۳) بررسی تغییرات u در اثر تغییر c در خازنی با بار ثابت (جدا از مولد)

تذکر ۱) هرگاه یک خازن پر شده به مولد خود وصل باشد، ولتاژ آن ثابت است و با تغییر مشخصات ساختمانی خازن ($C=k\varepsilon.\frac{A}{d}$) می‌توان نحوه‌ی تغییر بار و انرژی و میدان را با استفاده از توضیح بالا حساب کرد.

تذکر ۲) هرگاه خازنی را پس از شارژ کامل از مولد آن جدا کنیم، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند و تغییرات را می‌توان از کاربرد دومی حساب کرد.

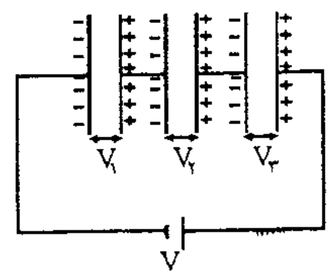
✓ **به هم بستن خازن‌ها:**

a) به هم بستن متوالی (سری): مطابق شکل صفحه‌ی متصل به پایانه‌ی مثبت، بار مثبت و صفحه‌ی متصل به پایانه‌ی منفی بار منفی پیدا می‌کند و بقیه‌ی صفحات نیز به روش القاء باردار می‌شوند. در این روش بار تمامی خازن‌ها یکسان خواهد شد و مجموع اختلاف پتانسیل دو سر تک‌تک آنها برابر اختلاف پتانسیل دو سر پیل می‌شود.

$$q_1=q_2=q_3\rightarrow C_1V_1=C_2V_2=C_3V_3$$

$$V_1+V_2+V_3=V\Rightarrow \frac{q}{C_1}+\frac{q}{C_2}+\frac{q}{C_3}=\frac{q}{C_T}\Rightarrow$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$



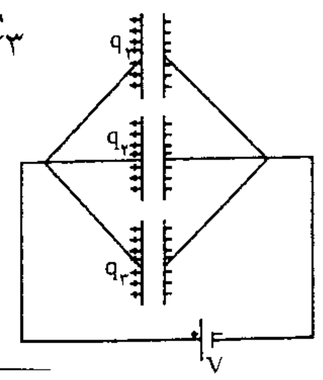
✓ ظرفیت معادل دو خازن متوالی برابر $\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$ خواهد بود و ظرفیت n خازن مشابه و متوالی برابر $\frac{C}{n}$ می‌شود.

b) به هم بستن موازی: در این حالت ولتاژ دو سر هر یک از خازن‌ها و ولتاژ کل برابر می‌شود.

$$V_1=V_2=V_3=V$$

$$q_1+q_2+q_3=q_T\Rightarrow C_1V+C_2V+C_3V=C_TV$$

$$\Rightarrow C_T=C_1+C_2+C_3$$

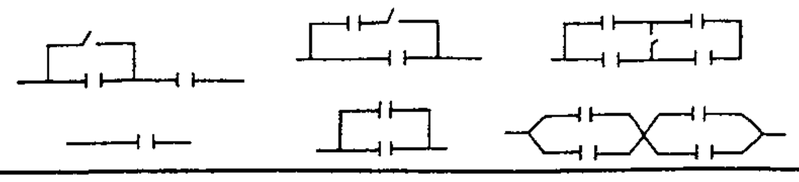


تذکرات: وقتی یک خازن به طور متوالی به مجموعه‌ی خازن‌ها اضافه شود، ظرفیت خازن معادل مدار، کاهش می‌یابد.

✓ وقتی یک خازن به طور موازی به مجموعه‌ی خازن‌های مدار اضافه شود، ظرفیت خازن معادل مدار، افزایش می‌یابد.

✓ وقتی بدون تغییر در تعداد خازن‌های مدار، ظرفیت یکی از خازن‌های مدار افزایش یابد، ظرفیت خازن معادل حتماً افزایش می‌یابد.

✓ کار کلید در حذف و اضافه کردن یک خازن و یا تبدیل خازن‌های سری و متوالی به یکدیگر است.



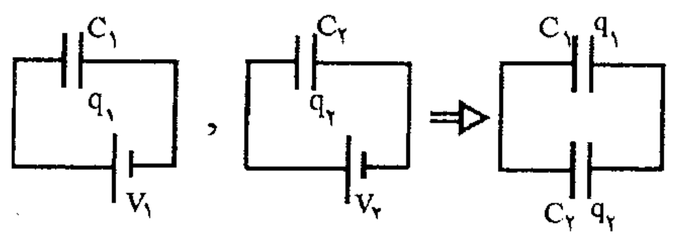
✓ **اتصال دو خازن پر شده، به یکدیگر و بدست آوردن بار جدید هر خازن:**

اگر صفحات همنام به هم وصل شود:

$$V=\frac{q_1+q_2}{C_1+C_2}=\frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1+C_2}\Rightarrow\begin{cases}q'_1=C_1V\\q'_2=C_2V\end{cases}$$

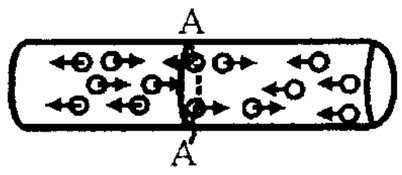
اگر صفحات ناهمنام به هم وصل شود:

$$V=\frac{|q_1-q_2|}{C_1+C_2}=\frac{|C_1V_1-C_2V_2|}{C_1+C_2}$$



۱- جریان الکتریکی:

✓ در یک رسانا الکترون‌های آزاد، به صورت کاتوره‌ای در حال حرکتند و تعداد بار خالص عبوری در واحد زمان از یک سطح مقطع مشخص آن صفر است.



✓ وقتی که به دو سر این رسانا یک اختلاف پتانسیل اعمال کنیم، الکترون‌ها از پتانسیل کمتر به طرف پتانسیل بیشتر به حرکت درمی‌آیند و در این رسانا جریان الکتریکی ایجاد می‌شود.

✓ بار الکتریکی شارش شده در واحد زمان را شدت جریان متوسط گویند.

بار عبوری	زمان
Δq	Δt
$\bar{I}\Rightarrow \bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}$	۱s

جریان لحظه‌ای $I=\frac{dq}{dt}$

بار عبوری ⟵ $\bar{I}=I=\frac{q}{t}$ ⟵ زمان شارش بار

جریان ثابت یا مستقیم

✓ بار عبوری از مقطع رسانا مضرب صحیحی از تعداد الکترون‌ها است پس:

$$q=ne\ ,\ e=1/6\times10^{-19}C$$

✓ جهت قراردادی جریان را در جهت حرکت بارهای مثبت فرضی در نظر می‌گیریم و همواره از پتانسیل بیشتر (قطب +) به پتانسیل کمتر (قطب -) می‌باشد.

✓ در نمودار شدت جریان - زمان، مساحت زیر سطح نمودار ($S=I.t$) برابر مقدار بار شارش شده در مدار می‌باشد.

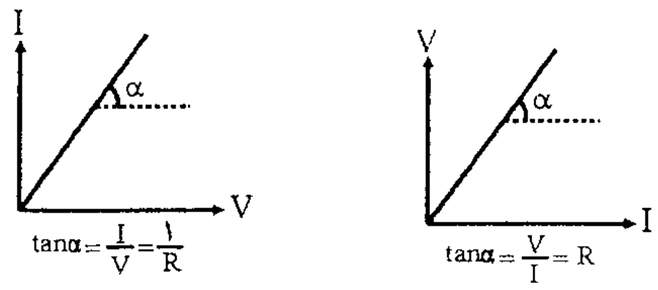
۲- قانون اهم:

✓ نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانای فلزی به شدت جریانی که از آن عبور می‌گذرد، در دمای ثابت، مقدار ثابتی است که به آن مقاومت الکتریکی گویند و واحد آن اُهم (Ω) است.

$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow V=RI\ ,\ \Delta V=R\Delta I$$

www.sahlamooz.ir

✓ در نمودارهای (V-I) و (I-V) به شیب خط‌ها دقت کنید:

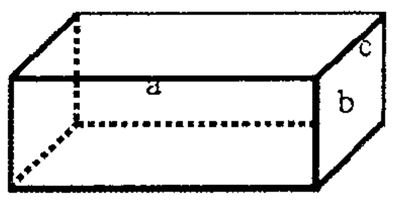


۳ـ عوامل موثر در مقاومت رسانا‌های فلزی:

✓ همانطور که ظرفیت خازن فقط به مشخصات ساختمانی و ویژگی‌های فیزیکی آن ربط دارد، مقاومت یک رسانای فلزی هم تنها به مشخصات ساختمانی آن مربوط است.

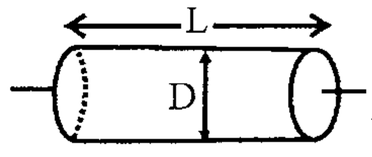
✓ ویژگی‌های ساختاری این رسانای فلزی در دمای ثابت، طول و سطح مقطع و جنس آن است.

$R=\rho\frac{L}{A}$ ← طول سیم
A ← سطح مقطع سیم
ρ ← مقاومت ویژه



$$R_{max}=\rho\frac{a}{cb}$$
$$R_{min}=\rho\frac{c}{ab}$$

$$R=\rho\frac{L}{\frac{\pi D^2}{4}}\Rightarrow R\alpha\frac{1}{D^2}$$



$$A=\pi(\frac{D}{2})^2=\frac{\pi D^2}{4}$$

✓ هرگاه سیمی را k قسمت کرده و مقاومت را بخواهیم:

$$L'=\frac{L}{K}\ ,\ A'=KA$$

$$R'=\rho\frac{L'}{A'}=\rho\frac{\frac{1}{K}}{KA}=\rho\frac{L}{A}\times\frac{1}{K^2}=\frac{R}{K^2}$$

✓ هرگاه سیمی را k بار تا کنیم و مقاومت جدید را بخواهیم:

$$L'=\frac{L}{2^k}\ ,\ A'=2^kA\Rightarrow R'=\frac{R}{2^{2k}}$$

✓ هرگاه سیمی را آنقدر بکشیم تا بدون تغییر جرم یا حجم، طول آن را افزایش دهیم در این صورت مساحت سیم به همان نسبت کاهش می‌یابد.

حجم سیم $V=AL\Rightarrow\begin{cases}L'=nL\rightarrow A'=\frac{A}{n}\\ D'=\frac{D}{n}\rightarrow A'=\frac{A}{n^2}\rightarrow L'=n^2L\end{cases}$

(D: قطر سیم است)

۴ـ اثر دما بر مقاومت الکتریکی رسانا:

✓ تجربه نشان می‌دهد که مقاومت ویژه رساناها به دما آنها بستگی دارد. در رساناهای فلزی، افزایش دما، سبب افزایش مقاومت ویژه و در نتیجه افزایش مقاومت رسانا می‌شود.

(مثل: یه کوچه‌ی خلوت که اگه آدام‌آش حرکت نکنن. شما راحتر از اُن کوچه رد می‌شید ولی اگه آدام‌آش راه بیافتن شما اذیت می‌شید.)

اگر افزایش دما زیاد نباشه، رابطه‌ی مقاومت ویژه با افزایش دما به صورت:

$$\rho_2=\rho_1(1+\alpha\Delta\theta)\Rightarrow R_2=R_1(1+\alpha\Delta\theta)\Rightarrow$$

$$\Delta R=R_1\alpha\Delta\theta$$

α: ضریب دمائی مقاومت ویژه برحسب k^{-1} (بر کلوین) است.
R_1 مقاومت در دمای θ_1 و R_2 مقاومت در دمای θ_2 است.

تذکر: ضریب دمائی مقاومت ویژه برای رسانای غیر فلزی (مثل کربن، سیلسیم و ژرمانیم) منفی است یعنی با افزایش دما مقاومت الکتریکی این سه عنصر کاهش می‌شود.

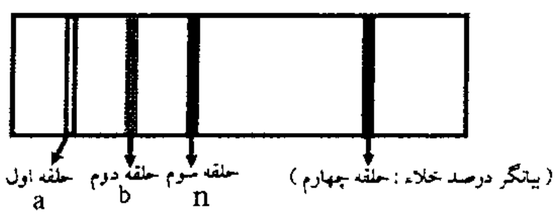
(مثل: یه‌کوچه‌ی پرآدم! وقتی همه وایستاده باشن شما عمراً نتونید از کوچه رد شید ولی اگه آدام‌آ یه خورده حرکت کنن شما راحت‌از بین اُنا عبور می‌کنید.) به این مواد اصطلاحاً نیم‌رسانا می‌گن.

۵ـ کدگذاری مقاومت‌ها:

✓ بر روی هر مقاومت، چهار حلقه‌ی رنگی کشیده شده است که از روی آنها می‌توان مقدار مقاومت را تعیین کرد. هر رنگ بیانگر یک عدد است که در جدولی تنظیم شده است و این عددها را به ما می‌دهند.

ابتدا حلقه‌ی طلائی یا نقره‌ای (حلقه‌ی چهارم) که با فاصله‌ی نسبتاً زیادی از سه حلقه‌ی دیگر قرار دارد، را در سمت راست قرار می‌دهیم. عدد هر حلقه را از جدول می‌خوانیم و با قاعده‌ی زیر عمل می‌کنیم.

$$R=\overline{ab}\times10^n$$

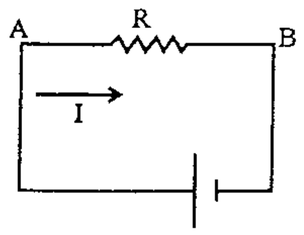


۶ـ انرژی و توان الکتریکی مصرف شده در مقاومت:

✓ وقتی بار مثبت q در جهت میدان الکتریکی یکنواخت، حرکت می‌کند انرژی پتانسیل آن به اندازه‌ی $q\Delta V$ کاهش می‌یابد.

✓ اگر بار q از مقاومت R در شکل زیر عبور کند نیز انرژی پتانسیل الکتریکی آن به اندازه‌ی $\Delta u=q\Delta V$ کاهش می‌یابد، که این کاهش انرژی صرف افزایش انرژی جنبشی بارها می‌شود.

✓ در اثر برخورد بار q با اتم‌های رسانا، این انرژی جنبشی به اتم‌های رسانا منتقل شده و انرژی درونی رسانا را افزایش می‌دهد، در نتیجه رسانا در اثر عبور جریان گرم می‌شود.



✓ با توجه به توضیحات فوق انرژی الکتریکی مصرف شده (که به گرما تبدیل می‌شود) از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$U=qV\Rightarrow\begin{cases}U=(It)V=VIt\\ U=(It)(IR)=RI^2t\\ U=(It)V=(\frac{V}{R}t)V=\frac{V^2}{R}t\end{cases}$$

توان الکتریکی مصرفی:

$$P=\frac{U}{t}\Rightarrow\begin{cases}P=VI\\P=RI^{2}\\P=\frac{V^{2}}{R}\end{cases}$$

✓ گاهی اوقات به جای اینکه انرژی الکتریکی برحسب ژول (j) بیان شود، برحسب کیلووات ساعت (kwh) بیان می‌گردد، برای تبدیل واحد آن داریم:

$$1kw.h=3/6\times10^{6}j$$

✓ هر چند فرمول‌های فوق هم‌ارزند ولی در مسائلی که جریان ثابت است (مثل اتصال مقاومت‌ها به روش متوالی) بهتر است از فرمول $P=RI^{2}$ و وقتی اختلاف پتانسیل ثابت است، بهتر است فرمول $P=\frac{V^{2}}{R}$ استفاده کنیم (اتصال موازی).

✓ روی هر مصرف کننده‌ی الکتریکی توسط کارخانه‌ی سازنده مقدار بیشترین ولتاژ V_s (ولتاژ اسمی) و بیش‌ترین توان مصرفی P_s (توان اسمی) نوشته می‌شود که از روی آنها می‌توان مقاومت الکتریکی یک مصرف کننده را محاسبه کرد.

$$R=\frac{V_s^{2}}{P_s}$$

اگر این لامپ (یا وسیله‌ی برقی) به ولتاژ بالاتر از V_s وصل شود می‌سوزد و چنانچه به ولتاژ کمتری از V_s وصل شود، توان مصرفی آن نیز کمتر از P_s خواهد بود.

$$P=\frac{V^{2}}{R},\ P_s=\frac{V_s^{2}}{R}\Rightarrow\frac{P}{P_s}=(\frac{V}{V_s})^{2}$$

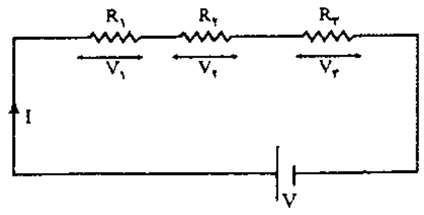
۷ - به هم بستن مقاومت‌ها:

سری یا متوالی: در این حالت جریان عبوری از همه مقاومت‌ها برابر است و اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه برابر جمع اختلاف پتانسیل تک‌تک مقاومت‌هاست.

$$I_1=I_2=I_3=I$$

$$V_1=R_1I,\ V_2=R_2I,\ V_3=R_3I\Rightarrow V_1+V_2+V_3=V$$

$$\Rightarrow IR_1+IR_2+IR_3=R_TI\Rightarrow R_T=R_1+R_2+R_3$$



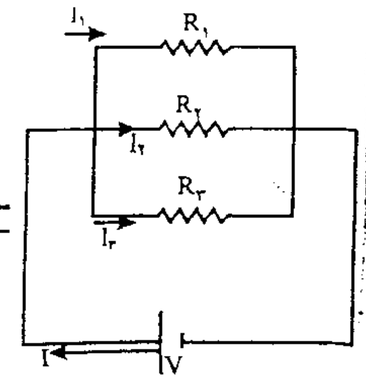
✓ در این حالت هر چه مقاومتی بزرگتر باشد، اختلاف پتانسیل $(V=IR)$ و توان مصرفی آن $(P=RI^{2})$ بیشتر خواهد بود.

موازی: در این حالت اختلاف پتانسیل تمامی مقاومت‌ها یکسان است و طبق اصل پایستی بار، باید شدت جریان در شاخه‌ی اصلی با جمع شدت جریان‌ها برابر باشد.

$$V_1=V_2=V_3=V\Rightarrow R_1I_1=R_2I_2=R_3I_3$$

$$I_1+I_2+I_3=I\Rightarrow\frac{V}{R_1}+\frac{V}{R_2}+\frac{V}{R_3}=\frac{V}{R_T}\Rightarrow$$

$$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{R_T}$$



✓ n مقاومت مشابه متوالی: $R_T=nR$

✓ n مقاومت مشابه موازی: $R_T=\frac{R}{n}$

✓ دو مقاومت R_1 و R_2 موازی باشند

$$R_T=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2(\ )}$$

۸ - نیروی محرکه‌ی مولد:

✓ بارهای الکتریکی ضمن شارش در مدار، انرژی جنبشی‌ای را که بدست آورده‌اند، از دست می‌دهند و کار مولد این است که این انرژی را دوباره تأمین کند. مولد با مصرف انرژی، بارهای الکتریکی را از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر سوق می‌دهد و سبب شارش مجدد آنها در مدار می‌شود.

✓ انرژی که مولد به واحد بار الکتریکی مثبت $(+1C)$ می‌دهد تا در مدار شارش کند، نیروی محرکه‌ی مولد گویند. واحد آن $\frac{j}{C}$ یا V است.

✓ اگر مولد انرژی U را به بار q دهد تا آن را از پایانه‌ی منفی به پایانه‌ی مثبت منتقل کند خواهیم داشت:

بار	انرژی
q	U
+1C	ε

$$\Rightarrow\varepsilon=\frac{U}{q}\Rightarrow U=q\varepsilon$$

یا $U=\varepsilon It\Rightarrow P=\varepsilon I$

U را می‌توان انرژی الکتریکی منتقل شده به بار q از طرف مولد یا کار انجام شده توسط مولد در نظر گرفت.

توان مولد:

$U_T=\varepsilon It\Rightarrow$ انرژی تولیدی کل

$P_T=\varepsilon I$ توان تولیدی

$U_r=rI^{2}t\Rightarrow$ انرژی الکتریکی تلف شده در مقاومت درونی

$P_r=rI^{2}$ توان تلف شده

$U'=\varepsilon It-rI^{2}t\Rightarrow$ انرژی الکتریکی مفید یاخارج‌شده‌ازمولد

$P'=\varepsilon I-rI^{2}$ توان مفید

بیشینه‌ی توان مفید مولد:

شدت جریانی که به ازای آن توان مفید بیشینه است:

$$P'=\varepsilon I-rI^{2}\Rightarrow\frac{dP'}{dI}=\varepsilon-2rI=0\Rightarrow I_m=\frac{\varepsilon}{2r}$$

مقاومت خارجی مدار وقتی توان مفید بیشینه است:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\ \Rightarrow\ \begin{matrix}I_m=\frac{\varepsilon}{2r}\\R=r\end{matrix}$$

ولتاژ دو سر مولد وقتی توان مفید بیشینه است:

$$I_m=\frac{\varepsilon}{2r}$$

ولتاژ دو سر مولد $V=\varepsilon-Ir\ \Rightarrow\ V=\frac{\varepsilon}{2}$

بیشترین توان مصرفی مقاومت‌ها: اگر چند مقاومت مشابه در مدار قرار گرفته باشند، همواره مقاومتی که بیشترین جریان الکتریکی از آن می‌گذرد، بیشترین توان الکتریکی را مصرف می‌کند.

www.sahlamooz.ir

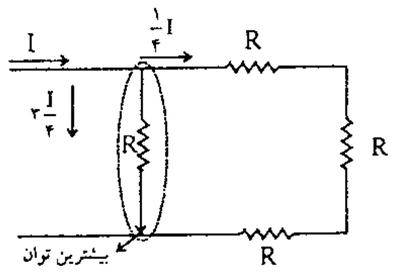
$$P=R(\frac{۳}{۴}I)^۲=\frac{۹}{۱۶}RI^۲$$

$$P'=R'I'^۲=۳R(\frac{۱}{۴}I)^۲=\frac{۳}{۱۶}RI^۲$$

$$P_{کل}=P+P'=\frac{۱۲}{۱۶}RI^۲$$

یا

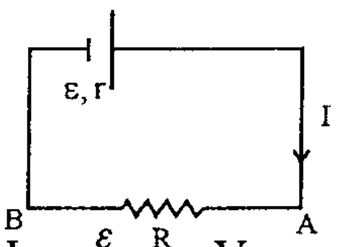
$$P_{کل}=R_TI^۲=\frac{۳}{۴}RI^۲$$



۹ - بر روی مدار تک حلقه:

هرگاه مجموعه‌ای از مولدها و مقاومت‌ها را پشت سر هم با سیم به هم وصل کنیم و یک مدار بسته تشکیل دهیم، جریان عبوری از تمام قسمت‌های مدار یکسان است. (چنین مداری یک مدار متوالی است.)

(Ir را افت پتانسیل در مدار گویند)

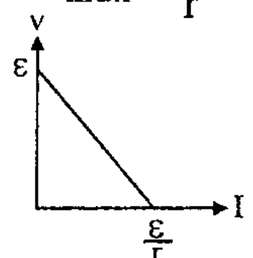


$$I=\frac{\varepsilon}{R+r},\quad V_{AB}=V=\varepsilon-Ir$$

$V=R.I$: از طرفی می‌دانیم

✓ اگر مقاومت خارجی مدار (R) صفر شود، اختلاف پتانسیل دو سر مولد برابر صفر می‌شود و جریان عبوری بیشینه می‌گردد.

$$R=۰\Rightarrow V=۰\Rightarrow I_{max}=\frac{\varepsilon}{r}$$

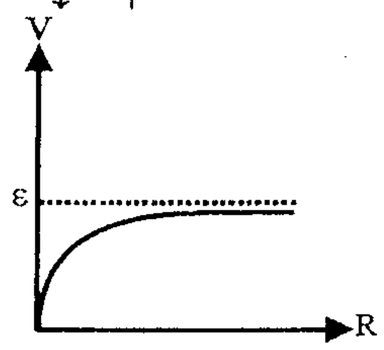


✓ اگر مقاومت خارجی خیلی بزرگ باشد و یا یک کلید در مدار باز شود و یا دو سر مولد فقط یک ولت‌سنج باشد و یا مقاومت درونی ناچیز باشد، اختلاف پتانسیل دو سر مولد برابر نیروی محرکه‌ی مولد خواهد شد:

$$\begin{cases}R=\infty\Rightarrow I=۰\Rightarrow rI=۰\Rightarrow V=\varepsilon\\ r=۰\Rightarrow rI=۰\Rightarrow V=\varepsilon\end{cases}$$

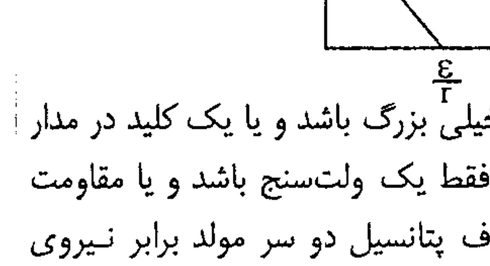
✓ با افزایش R، I کاهش می‌یابد و V افزایش می‌یابد.

$$R\uparrow\Rightarrow I\downarrow\Rightarrow Ir\downarrow\Rightarrow\uparrow V=\varepsilon-Ir$$



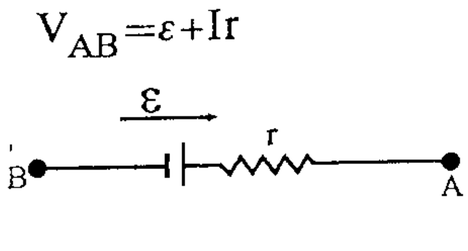
اگر از یک مولد، جریان در جهت نیروی محرکه‌ی عبور کند، برای اختلاف پتانسیل دو سر آن داریم:

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



اگر از یک مولد، جریان در خلاف جهت نیروی محرکه‌ی مولد عبور کند (مثلاً جریان توسط مولد دیگری عبور داده شود) اختلاف پتانسیل دو سر این مولد برابر است با:

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



محاسبه‌ی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار تک حلقه:

۱) هرگاه در جهت جریان از مقاومت R یا r عبور کنیم،

۲) هرگاه از پایانه‌ی منفی به طرف پایانه‌ی مثبت بگذریم،

پتانسیل به اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی مولد افزایش می‌یابد و بالعکس.

۱۰ـ قوانین کرشهوف:

۱) قانون شدت جریانها: مجموع جریان‌هایی که به هر گره (یعنی نقطه‌ای که اجزای مدار در آن نقاط به هم متصل شده‌اند) می‌رسند، برابر مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطه خارج می‌شوند (اصل پایستگی بار)

خروجی I = ورودی I

۲) در هر مدار بسته یا حلقه، جمع جبری اختلاف پتانسیل‌ها صفر است. حلقه $\Sigma V=۰$

نکات:

✓ اگر درمدار n شاخه وجود داشته باشد، برای حل مدار به n معادله نیاز داریم و n-۱ گره نیز وجود دارد.

✓ ابتدا برای هر شاخه، جریانی در جهت دلخواه انتخاب می‌کنیم و قانون شدت جریان‌ها را برای یک گره می‌نویسیم.

✓ قانون اختلاف پتانسیل‌ها را برای دو حلقه (با توجه به قواعد مدار تک حلقه) می‌نویسیم و از حل دستگاه سه معادله، سه مجهول، جریان‌ها را بدست می‌آوریم.

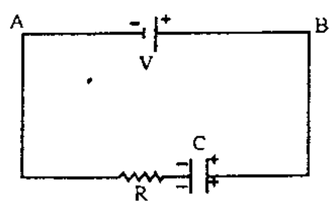
✓ اگر جریانی منفی بدست آمد، جهت آن، عکس جهت انتخابی ماست.

پتانسیل به اندازه‌ی IR یا Ir کاهش می‌یابد و آنها را با علامت منفی قید می‌کنیم و بالعکس.

۱۱ـ اتصال مقاومت و خازن در مدار:

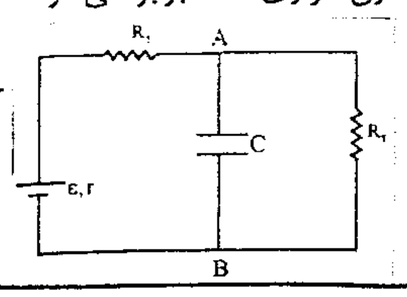
۱) خازن در شاخه‌ی اصلی متوالی بسته شود: در این حالت پس از پر شدن خازن، مدار قطع می‌شود و اختلاف پتانسیل دو سر خازن با نیروی محرکه‌ی مولد برابر می‌شود و بقیه‌ی اجزای مدار، از مدار خارج می‌شوند.

$V_{خازن}=\varepsilon$ و خازن $q=CV$



۲) خازن با یکی از اجزای مدار موازی شود: در این حالت با پر شدن خازن، جریان شاخه‌ای که خازن در آن قرار دارد، قطع می‌شود. بنابراین ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ آن قسمت که با خازن موازی شده برابر می‌شود.

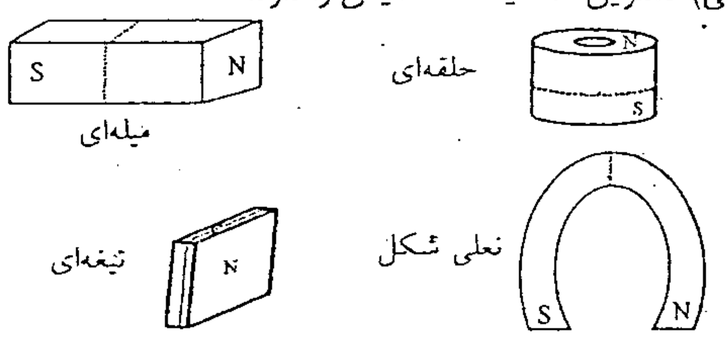
$$\begin{cases}V_{AB}=IR_۲=V_{خازن}\\ q=CV_{خازن}\end{cases}$$



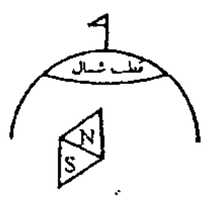
www.sahlamooz.ir

*** آهنربا:**

قطب‌های آن: دو قسمت از آهنرباست که خاصیت مغناطیسی آن دو از نقاط دیگر بیشتر است و وسط این دو نقطه (محور خنثی) کمترین خاصیت مغناطیس را دارد.

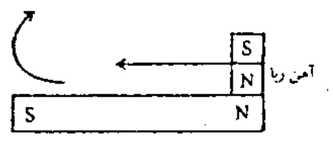


قطب شمال و جنوب: عقربه مغناطیسی همواره در جهت معینی می‌ایستد به گونه‌ای که قطب N آن به طرف شمال قرار می‌گیرد (شمال‌گرا) و قطب S آن به طرف جنوب قرار می‌گیرد (قطب جنوب گرا).



روش‌های ساخت آهنربا:

۱ - مالش ← اگر یک آهنربا را روی یک تیغه‌ی فلزی در یک جهت بکشیم، پس از مدتی تیغه خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند.



۲ - القای مغناطیسی ← اگر آهنربا را یک ماده‌ی فرومغناطیس (آهن، کبالت، نیکل) نزدیک کنیم، آهنربا این خاصیت مغناطیسی را در آن ماده القاء می‌کند طوری که سر نزدیکتر ماده دارای قطب ناهمنام می‌شود و همواره آنرا جذب می‌کند.

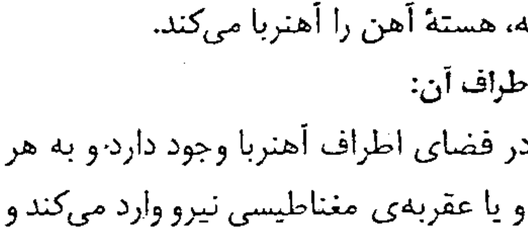
۳ - روش الکتریکی ← اگر سیملوله‌ای را به دور یک هسته‌ی آهنی بپیچیم و از سیملوله جریان عبور دهیم، میدان مغناطیسی سیملوله، هستهٔ آهن را آهنربا می‌کند.

میدان مغناطیسی اطراف آن:

خاصیتی است که در فضای اطراف آهنربا وجود دارد و به هر ماده‌ی مغناطیسی و یا عقربه‌ی مغناطیسی نیرو وارد می‌کند و یک کمیت برداری است.

خط‌های میدان مغناطیسی در بیرون آهنربا از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شود و در داخل آن از قطب S به سمت N خواهد بود.

خط‌های میدان مغناطیسی حلقه‌های بسته‌ای را تشکیل می‌دهند ولی خط‌های میدان الکتریکی به هیچ وجه به محل اولیه برنمی‌گردند و اصطلاحاً واگرا هستند. (بقیه‌ی خصوصیاتشان عین هم است).



*** نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی:**

مقدار نیرو:

زاویه‌ی راستای سیم و میدان — طول سیم داخل میدان (m)

$$(N)\ \vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B} \Rightarrow F = I L B \sin\alpha \Rightarrow$$

شدت جریان (A) — میدان مغناطیسی (T)

$$\begin{cases} \alpha = 0 \rightarrow F = 0 \\ \alpha = 90 \rightarrow F_{max} = ILB \end{cases} \Rightarrow B = \frac{F_{max}}{IL}$$

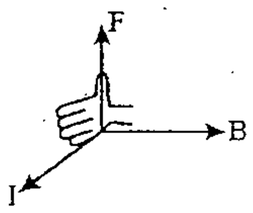
$$\text{تسلا} = \frac{\text{نیوتن}}{\text{متر.آمپر}}$$

جهت نیرو: طبق قاعده‌ی دست راست باز:

سوی چهار انگشت دست راست ⇒ جهت جریان

(کف دست) جهت بسته شدن چهار انگشت ⇒ جهت میدان

انگشست شست دست راست ⇒ جهت نیرو



✪ نیرو بر صفحه‌ی شامل میدان و جریان عمود است:

*** نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک در میدان مغناطیسی:**

بار الکتریکی چه ساکن باشد و چه متحرک در اطراف خود میدان الکتریکی (E) می‌سازد اما تنها زمانی که بار الکتریکی به حرکت در آید در اطرافش میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند و اگر این بار در میدان مغناطیسی واقع شود به آن نیروی الکتریکی وارد می‌شود.

✪ مقدار نیرو:

زاویه‌ی میدان با سرعت — میدان (T)

$$\vec{F} = q\vec{V} \times B \Rightarrow |F| = qVB\sin\alpha$$

بار الکتریکی (C) — سرعت بار $(\frac{m}{s})$

$$\begin{cases} \alpha = 0 \rightarrow F = 0 \\ \alpha = 90 \rightarrow F_{max} = qVB \end{cases}$$

✪ جهت نیرو: این نیرو بر صفحه‌ی شامل میدان و سرعت عمود است و جهت آن برای بار مثبت با قاعده‌ی دست راست تعیین می‌شود.

سوی چهار انگشت ⇒ جهت حرکت بار $(\vec{V})$

کف دست (بسته شدن چهار انگشت) ⇒ جهت میدان

انگشت شست دست راست ⇒ جهت نیروی وارد بر بار مثبت

✪ جهت نیروی وارد بر بار منفی: همان قاعده‌ی بالا را می‌رویم فقط در آخر که جهت نیرو را بدست آوردیم، قرینه می‌کنیم تا جهت نیروی وارد بر بار منفی بدست آید.

*** خاصیت مغناطیسی اطراف سیم راست:**

✪ مقدار میدان:

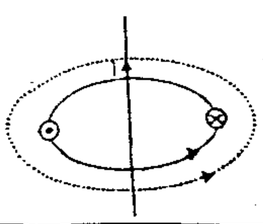
ضریب گذردهی مغناطیسی در خلاء

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \frac{Tm}{A}$$

شدت جریان (آمپر) ⟵ $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \times \frac{I}{R}$ ⟵ فاصله از سیم (متر)

میدان مغناطیسی (T)

✪ جهت خطوط: خط‌های میدان مغناطیسی در اطراف سیم‌راست، به صورت دایره‌های هم مرکزی است که سیم راست محور آن است. (آزمایش اورستد) اگر سیم راست را در دست راست خود بگیریم طوری که انگشت شست در جهت جریان باشد، جهت خم شدن چهار انگشت، جهت میدان را در هر نقطه نشان می‌دهد.



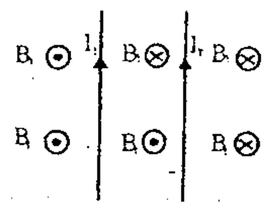
www.sahlamooz.ir

میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم موازی:

✪ جریان‌ها هم جهت باشند:

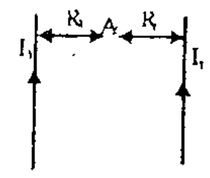
در این حالت میدان در خارج دو سیم هم سو و بین دو سیم ناهمسو می‌باشد.

اندازه‌ی میدان بین دو سیم برابر قدر مطلق تفاضل اندازه‌های هر یک و در خارج دو سیم برابر مجموع اندازه‌ی میدان حاصل از هر سیم خواهد بود.



نقطه‌ای که برآیند میدان‌ها در آن صفر است، بین دو سیم و نزدیک به جریان کوچکتر خواهد بود: $(R_1<R_2, I_1<I_2)$

$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi R_1} = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi R_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{درنقطه A}$$

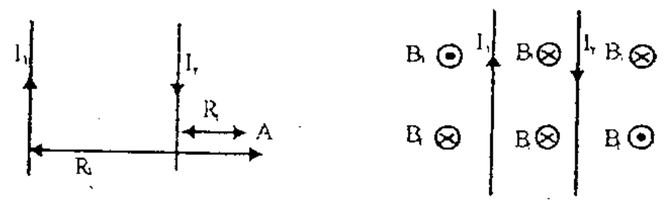


✪ جریان‌ها مخالف هم باشد:

میدان بین دو سیم هم سو و خارج دو سیم ناهم سو می‌باشد.

اندازه‌ی میدان بین دو سیم برابر مجموع اندازه‌ی میدان حاصل از دو سیم و در خارج آن‌ها برابر قدر مطلق تفاضل آنهاست.

برآیند میدان‌های مغناطیسی خارج دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کم‌تر صفر می‌شود.$(R_1>R_2, I_1>I_2)$



$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi R_1} = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi R_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{درنقطه‌ی A}$$

نیروی بین دو سیم موازی:

دو سیم موازی که به فاصله‌ی d از هم قرار دارند و جریان‌های I_1, I_2 از آنها عبور می‌کند. نیرویی به طول L از هم، به هم وارد می‌کنند که مقدار این نیرو برای هر دو سیم برابر و در جهت مخالف یکدیگر است (قانون دوم نیوتن)

دو سیم همدیگر را جذب می‌کنند. $\Rightarrow I_1, I_2$ هم جهت

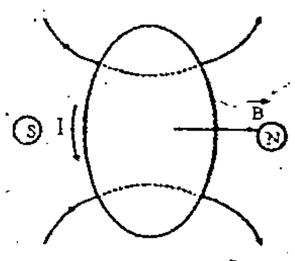
$$F = \frac{\mu_\circ I_1 I_2 L}{2\pi D}$$

دو سیم یکدیگر را دفع می‌کنند. $\Rightarrow I_1, I_2$ در خلاف جهت هم

*** خاصیت مغناطیسی در داخل سیم پیچ حامل جریان:**

✪ جهت میدان در مرکز حلقه عمود بر سطح حلقه است به گونه‌ای که اگر انگشت شست خود را در جهت جریان روی پیچه بخوابانیم، چرخش چهار انگشت دست راست در جهت میدان است.

✪ خطوط میدان این حلقه درست مانند خط‌های میدان یک آهنربای تیغه‌ای است که جهت میدان دقیقاً قطب N را نشان می‌دهد.



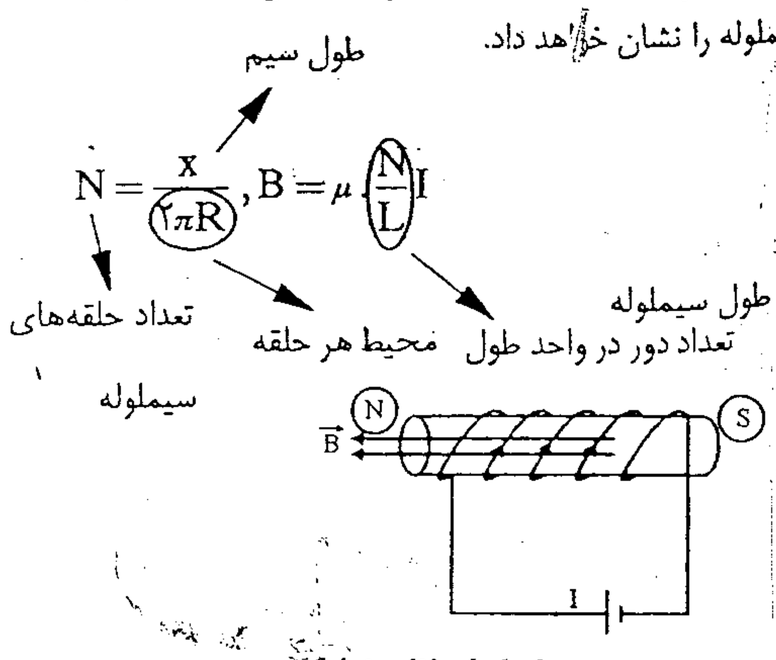
✪ مقدار آن در مرکز حلقه $B = \frac{\mu . I}{2R}$ است و اگر پیچه‌ای با N حلقه باشد میدان در مرکز آن برابر است با:

$$N = \frac{x}{2\pi R} = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط هر حلقه}}$$

$$B = \frac{\mu . NI}{2R}$$

میدان در مرکز حلقه، عمود بر سطح حلقه و در امتداد محور آن است و اندازه‌ی میدان در مرکز حلقه بیش از نقاط دیگر روی محور است.

✪ جهت میدان در داخل سیملوله و در نقاط دور از لبه‌های آن یکنواخت است و برای تعیین جهت آن، اگر سیملوله را طوری در دست بگیریم که چهار انگشت ما روی سیملوله در جهت جریان بخوابد، انگشت شست جهت میدان یا قطب (N) سیملوله را نشان خواهد داد.



*** دسته بندی مواد از لحاظ مغناطیسی**

۱- مغناطیسی:

۱-۱: پارا مغناطیس: فقط دو قطبی مغناطیسی دارند (به صورت کاتوره‌ای و نامنظم) و حوزهٔ مغناطیسی ندارند و فقط تحت اثر میدان‌های بسیار قوی مقداری خاصیت آهنربایی پیدا می‌کنند و پس از حذف میدان مجدداً به وضعیت اولیه بر می‌گردند. مثل: آلومینیوم، پلاتین، فلزات قلیایی و قلیائی خاکی و اکسیژن و اکسید ازت.

۱-۲: فرومغناطیس: هم دو قطبی مغناطیسی و هم حوزه‌ی مغناطیسی دارند ولی ممکن است حوزه‌ها هم جهت نباشند و در نهایت اثر یکدیگر را خنثی کنند و ماده آهنربا نباشد. مثل: آهن، کبالت، نیکل

فرومغناطیس نرم: به آسانی آهنربا می‌شوند و به آسانی نیز خاصیت آهنربایی را از دست می‌دهند. مثل: آهن و کبالت و نیکل از نوع خالصشان.

فرومغناطیس سخت: به سختی آهنربا می‌شوند ولی پس از آهنربا شدن این خاصیت را از دست نمی‌دهند. مثل: فولاد و برخی آلیاژهای کبالت و نیکل.

۲ - غیرمغناطیسی: نه حوزه‌ی مغناطسی دارند و نه دو قطبی. مغناطیسی مثل چوب و گچ و کاغذ و...

www.sahlamoz.ir

✪ **دو قطبی مغناطیسی:** اتم‌ها و مولکول‌های مادهٔ مغناطیسی به تنهایی یک آهنربا می‌باشند که به آن دو قطبی گویند.

✪ **حوزه‌ی مغناطیسی:** ناحیه‌هایی در برخی اجسام وجود دارد که در آن دو قطبی‌های مغناطیسی خود به خود با هم جهت‌اند. که به آنها حوزه گویند.

۱ـ انواع القاء:

القای الکتریکی: بار الکتریکی در ماده‌ی رسانا پدیدار می‌شود.

القاء مغناطیسی: در ماده‌ی فرومغناطیس خاصیت مغناطیسی ایجاد می‌شود.

القای الکترومغناطیسی: جریان الکتریکی در یک رسانا القا می‌شود.

۲ - روش‌های القاء جریان در یک رسانا:

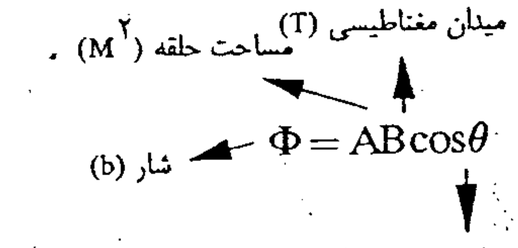
✪ تغییر اندازه‌ی میدان مغناطیسی در محل یک مدار بسته.

✪ تغییر ساخت مدار بسته در میدان مغناطیسی.

✪ تغییر زاویه‌ی بین حلقه و راستای میدان مغناطیسی.

۳ - شار مغناطیسی:

برای سیم پیچ یا مدار بسته‌ای به مساحت A که در یک میدان مغناطیسی مثل B قرار دارد به صورت روبروست:



✪ وقتی سطح سیم پیچ عمود بر میدان قرار گیرد، شار مغناطیسی ماکزیمم می‌شود.

$$\theta = 0 \text{ یا } 180 \rightarrow \cos\theta = \pm 1 \rightarrow \phi_{max} = \pm AB$$

✪ وقتی سطح سیم پیچ موازی میدان مغناطیسی باشد، شار مغناطیسی عبوری صفر می‌شود.

$$\theta = 90^\circ \text{ یا } 270^\circ \rightarrow \cos\theta = 0 \rightarrow \phi = 0$$

۴ - قانون القای فارادی:

هرگاه شار مغناطیسی که از مدار بسته‌ای می‌گذرد، تغییر کند، نیروی محرکه‌ای (و در نتیجه جریان الکتریکی) در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

قانون لنز: جریان القایی در مدار در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل بوجود آورنده‌ی جریان القایی یعنی تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند. (N تعداد حلقه‌هاست.)

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt} \quad \text{(نیروی محرکه‌ی القایی لحظه‌ای)}$$

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{(نیروی محرکه‌ی القایی متوسط)}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{-N}{R}\frac{d\Phi}{dt} \quad \text{(جریان لحظه‌ای)}$$

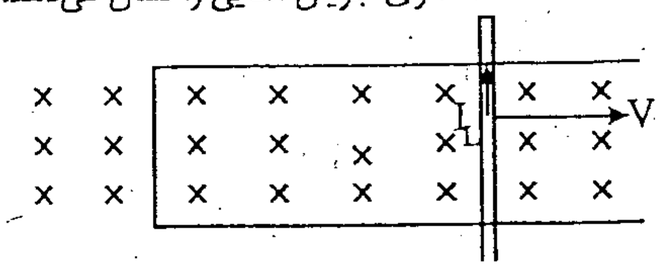
$$\bar{I} = \frac{-N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{(جریان متوسط)}$$

تغییر شار
- $\Delta\phi = A(\Delta B)\cos\theta$ (به روش تغییر میدان)
- $\Delta\phi = (\Delta A)\cos\theta$ (به روش تغییر مساحت)
- $\Delta\phi = AB(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$ (به روش تغییر زاویه)

✪ در مواردی که حرکت باعث تغییر شار می‌شود، قانون لنز در مقابل حرکت مقاومت می‌کند و مانند نیروی اصطکاک عمل می‌کند.

✪ برای حالت دوم تغییر مساحت مدار بسته در میدان، اگر میله‌ی رسانایی به طول L در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت B با سرعت ثابت V در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی حرکت کند، نیروی محرکه‌ی القا شده دردو سر آن برابر است: $\varepsilon = BVL$

جهت جریان میله طوری است که اگر چهار انگشت دست راست، سوی حرکت میله (V) و کف دست به سمت میدان باشد، انگشت شست سوی جریان القایی را نشان می‌دهد.



نحوه‌ی استفاده از قانون لنز:

✪ وقتی شار مغناطیسی به هر دلیلی تغییر کند، نیروی محرکه و جریان القایی بوجود می‌آید.

✪ جریان القا شده در اطراف مدار، میدان مغناطیسی بوجود می‌آورد که آن را میدان مغناطیسی القایی (B_L) گویند.

✪ طبق این قانون اگر شار افزایش یابد، با ایجاد میدان القایی (B_L) در خلاف جهت میدان (B)، با افزایش آن مخالفت می‌کند.

اگر شار کاهش یابد با ایجاد میدان القایی (B_L) در جهت میدان اصلی (B) با کاهش شار مخالفت می‌کند.

میدان القایی (B_L) در جهت قطب آهنربا دور شود
میدان اصلی (B)⇒ $\Phi\downarrow$ ⇒ مساحت حلقه کاهش یابد
شدت جریان در مدار دارای مولد کاهش یابد

میدان القایی(B_L) قطب آهنربا به سیم‌پیچ نزدیک شود
در خلاف جهت میدان⇒ $\Phi\uparrow$ ⇒مساحت حلقه افزایش یابد
اصلی (B) شدت جریان در مدار دارای مولد افزایش یابد

۶ - خودالقایی:

✪ هرگاه جریانی که از یک سیملوله (یا یک پیچه) می‌گذرد، تغییر کند، در آن نیروی محرکه‌ای به وجود می‌آید که با عامل تغییر جریان مخالفت می‌کند و به آن نیروی محرکه‌ی خودالقایی گفته می‌شود و این پدیده را نیز خود القایی می‌نامند.

$$\bar{\varepsilon}_L = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

($\bar{\varepsilon}_L$: نیروی محرکه‌ی خودالقایی متوسط (ولت)، L: ضریب خودالقایی (هانری)، $\frac{\Delta I}{\Delta t}$: تغییر شدت جریان در واحد زمان)

$$\varepsilon_L = -L\frac{dI}{dt}$$

(ε_L: نیروی محرکه‌ی خودالقایی لحظه‌ای)

✪ یک هانری ضریب خودالقایی سیملوله‌ای است که هرگاه جریانی که از آن عبور می‌کند با آهنگ یک آمپر بر ثانیه تغییر کند، نیروی محرکه‌ای برابر یک ولت در آن القا می‌شود.

پیچه و سیملوله را که قسمتی از مدار و خاصیت خودالقایی دارند را القاگر گوئیم.

www.sahlamooz.ir

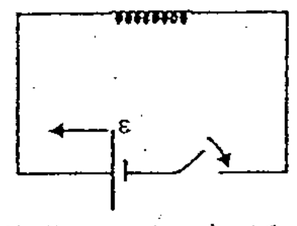
✪ ضریب خودالقایی سیملوله: کمیتی است که فقط به مشخصات ساختمانی سیم پیچ بستگی دارد و با تغییر جریان، تغییر نمی‌کند.

K= ۱ (برای هوا و خلاء)

$$L = K\mu_r \frac{N^2 A}{L}$$

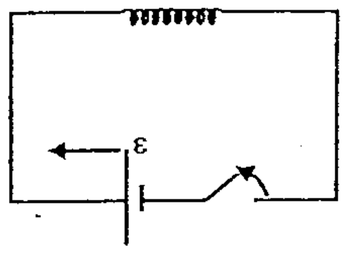
تعداد حلقه — مساحت هر حلقه — طول سیملوله — تراوایی نسبی مغناطیسی

✪ اگر جریان مدار در حال افزایش باشد، نیروی محرکه‌ی خودالقایی در خلاف جهت نیروی محرکه‌ی اصلی مدار (نیروی محرکه‌ی مولدها) ایجاد می‌شود.

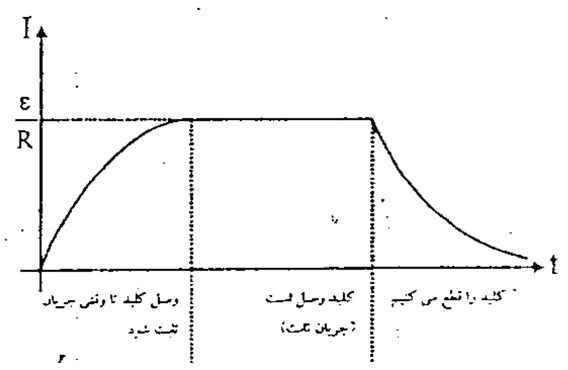


لحظه‌ی وصل کلید(جریان در حال افزایش)

✪ اگر جریان مدار در حال کاهش باشد، نیروی محرکه‌ی خودالقایی هم جهت نیروی محرکه‌ی اصلی مدار ایجاد می‌شود.



لحظه‌ی قطع کلید (کاهش جریان)



۷ - انرژی ذخیره شده در القاگر:

وقتی دو سر القاگری اختلاف پتانسیل برقرار شود، از طرف مولد به القاگر انرژی داده می‌شود. بخشی از این انرژی در مقاومت R تلف می‌شود و بقیه‌ی آن در میدان مغناطیسی سیملوله ذخیره می‌شود:

$$u = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow \Delta u = \frac{1}{2}L(I_2^2 - I_1^2)$$:انرژی مغناطیسی(ژول)

۸ - مولد جریان متناوب:

✪ متداول‌ترین روش تولید جریان القایی و تغییر شار تغییر زاویه‌ی θ است. $(\Phi = AB\cos\theta)$.

✪ هر وقت سیم پیچی با N حلقه در یک میدان مغناطیسی با سرعت زاویه‌ی ω بچرخانیم، شار مغناطیسی عبوری از آن به طور متناوب تغییر خواهد کرد.

✪ در نتیجه سیم‌پیچ نیروی محرکه و جریان القایی متناوبی ایجاد می‌گردد که برای نمودار و معادلات آن داریم:

$$\Phi = AB\cos(\omega t) \Rightarrow \Phi = \Phi_{max}\cos(\omega t)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow \varepsilon = NAB(\omega)\sin(\omega t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = \varepsilon_{max}\sin(\omega t), \varepsilon_{max} = NAB\omega \\ I = \frac{\varepsilon_{max}}{R}\sin(\omega t), I_{max} = \frac{\varepsilon_{max}}{R} \end{cases}$$

✪ با کمی دقت در نمودارها می‌بینیم که وقتی شار مغناطیسی عبوری از سیم پیچ ماکزیمم است (سطح حلقه عمود بر میدان است) نیروی محرکه‌ی القایی و جریان القایی صفر است و وقتی که شار مغناطیسی عبوری برابر صفر است.(سطح سیم‌پیچ موازی میدان مغناطیسی) نیروی محرکه‌ی القایی و جریان القایی ماکزیمم می‌شود.