کار و انرژی و توان

انرژی جنبشی (K)

$K = \frac{1}{2}mv^2$

نکته: جهت حرکت جسم مهم نیست.

کار نیروی ثابت $\vec{F}$ در جابه‌جایی $\vec{d}$

$W = Fd\cos\theta$

$0 \le \theta < 90^\circ$	$\theta = 90^\circ$	$90^\circ < \theta \le 180^\circ$
$W > 0$	$W = 0$	$W < 0$

اگر: $\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}$ ، $\vec{d} = d_x\vec{i} + d_y\vec{j}$

$W = F_x d_x + F_y d_y$

- کار نیروی عمودی سطح (W_{F_N}): الف) اگر جسم در راستای سطح حرکت کند، $W_{F_N} = 0$ است. ب) اگر جسم به همراه سطح در راستای عمود بر سطح حرکت کند، $W_{F_N} \neq 0$ است.
- کار نیروی اصطکاک جنبشی (W_{f_k}): $W_{f_k} = -f_k.d$
- کار نیروی سطح = $W_R = W_{F_N} + W_{f_k}$

کار نیروی وزن (W_{mg})

$W_{mg} = \pm mgh$ (جسم پایین برود / جسم بالا برود)

نکته:
۱) کار نیروی وزن فقط به اختلاف ارتفاع اول و آخر مسیر بستگی دارد.
۲) کار نیروی وزن، در طی یک جابه‌جایی افقی صفر است.

کار کل (W_t) به دو روش محاسبه می‌شود.

۱) کار کل، برابر با جمع جبری کار تک تک نیروها است: $W_t = W_1 + W_2 + \dots$

یا

۲) کار کل، برابر با کار نیروی خالص وارد بر جسم است: $W_t = W_{F_{net}}$

قضیه کار و انرژی

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

نکته: مسیر حرکت مهم نیست و فقط تندی اولیه و ثانویه مهم است.

انرژی پتانسیل

انرژی وضعیت جسم و سامانه است.

- انرژی پتانسیل گرانشی (U_g): $\Delta U_g = -W_{mg}$ ، اگر ارتفاع جسم نسبت به مبدأ انرژی پتاسیل h باشد: $U_g = mgh$
- انرژی پتانسیل کشسانی (U_e): ~~$\Delta U_e = -W_{فنر}$~~

انرژی مکانیکی

$E = U + K$

- پایستگی انرژی مکانیکی (نیروی اتلافی نداریم): $E_1 = E_2 \rightarrow \Delta K = -\Delta U$
- عدم پایستگی انرژی مکانیکی (نیروی اتلافی داریم): $W_f = E_2 - E_1 = \Delta K + \Delta U$

نکته: W_f، کار نیروهای تلف‌کنندهٔ انرژی است که همواره منفی می‌باشد.

توان

$P = \frac{W}{t}$

- توان متوسط برحسب سرعت‌متوسط و نیرو: $\overline{P} = F.v_{av}\cos\theta$
- بازده (Ra): $Ra = \frac{W_{مفید}}{W_{ورودی}} = \frac{P_{مفید}}{P_{ورودی}}$

نکته: بازده سیستم‌های چندجزئی از ضرب بازده هر یک از اجزاء در هم به‌دست می‌آید.

ویژگی‌های فیزیکی مواد

حالت‌های ماده

- جامد | مایع | گاز | پلاسما
- پلاسما: در دماهای بالا به‌وجود می‌آید، مانند ستاره‌ها، آتش و ....
- جامد: دو نوع است
  - ۱) بلورین مثل الماس
  - ۲) بی‌شکل یا آمورف مثل شیشه
- فاصله بین مولکول‌های جامد و مایع یکسان است.
- پدیده پخش در گازها سریع‌تر از مایعات است.
- ذرات آن حرکت کاتوره‌ای دارندکه منجر به حرکت براونی مولکول‌های دود در هوا می‌شود.

نانو

ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو، تغییر می‌کند.

مثال:
- ۱) نقطهٔ ذوب طلا در مقیاس نانو، کم‌تر از مقیاس معمولی آن است.
- ۲) آلومینیوم اکسید در مقیاس معمولی نارسانا و در مقیاس نانو رسانا است.

نیروهای بین مولکولی

نکته: نیروی بین مولکولی در فاصله‌های بسیار کم، رانشی، در فاصلهٔ اتمی، ربایشی و در فواصل چندین برابر فاصلهٔ اتمی، صفر است.

نوع نیرو	هم‌چسبی	دگرچسبی
پدیدهٔ مرتبط	کشش سطحی و کروی بودن قطره	ترشوندگی و مویینگی

نکته: هر چقدر لولهٔ مویین‌نازک‌تر باشد، آب بالاتر و جیوه پایین‌تر می‌رود.

آب شیشه کثیف یا چرب را تر نمی‌کند

آب و شیشهٔ تمیز	$F_{هم‌چسبی} > F_{دگرچسبی}$	شیشه تر می‌شود	آب در لولهٔ موئین بالا می‌رود
جیوه و شیشه	$F_{هم‌چسبی} < F_{دگرچسبی}$	شیشه تر نمی‌شود	جیوه در لولهٔ موئین پایین می‌رود

فشار

$P = \frac{F}{A}$

فشار اجسام جامد منشوری: $P = \frac{mg}{A} = \rho gh$

فشار در عمق h از سطح آزاد شاره: $P = P_0 + \rho gh$

نتیجه: $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g \Delta h$

نتیجه: نقاط هم‌تراز از یک مایعِ ساکنِ هم‌فشارند.

فشار در شاره‌ها

واحد دیگری از فشار است که دو حالت مسأله دارد:

سانتی‌متر جیوه (cmHg)

$h_{جیوه}$

۱) تبدیل از پاسکال	۲) تبدیل از مایع دیگر
$P = \rho_{جیوه} g h_{جیوه}$	$h_{مایع} = (\frac{\rho_{جیوه}}{\rho_{مایع}}) h_{جیوه}$

نیروی وارد بر کف ظرف از طرف مایع (F)، $F = \rho ghA$

A ← مساحت کف ظرف

نتایج:

ظرف استوانه‌ای	ظرف گلدانی	ظرف دیگی
وزن مایع = F	وزن مایع > F	وزن مایع < F

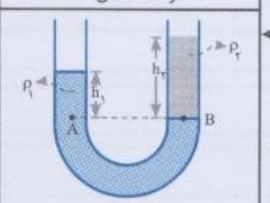
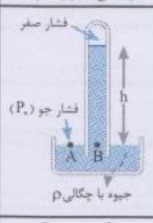
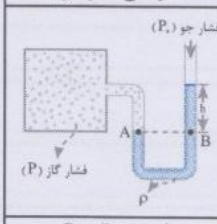
نکته: وقتی چند مایع درون ظرفی باشند، فشار ناشی از مایعات در کف ظرف، برابر با جمع فشار هریک از مایعات است:

$P = P_1 + P_2 + ... = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + ...$

فشار پیمانه‌ای (P_g): $P_g = P - P_0$

نکته: تمامی فشارسنج‌ها، فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرند.

کاربردهای اصل هم‌فشار بودن نقاط هم‌تراز از یک مایع ($P_A = P_B$)

لولهٔ U شکل	جوسنج (بارومتر)	فشارسنج (مانومتر)
		
$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$	$P_0 = \rho gh$	$P = P_0 + \rho gh$

نیروی شناور (F_b)

وزن شاره جابه‌جا شده = F_b

F_b، همواره رو به بالا بر جسم اثر می‌کند.

نکته: اگر چگالی جسم بیش‌تر از شاره باشد در شاره تهنشین می‌شود، اما اگر چگالی آن کم‌تر از چگالی شاره باشد، درون شاره بالا می‌رود تا در سطح آن شناور شود.

شارهٔ در حرکت

معادلهٔ پیوستگی: $v_1 A_1 = v_2 A_2$

اصل برنولی: در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد

مثال: اگر در یک لولهٔ آب، مقطع لوله، کوچک‌ترشود، تندی جریان آب بیش‌تر و فشار آن کم‌تر می‌شود.

دما و گرما

دما

تعریف: میزان گرمی و سردی اجسام، که متناسب با میانگین انرژی جنبشی ذرات است.

کمیت دماسنجی: مشخصه‌های قابل اندازه‌گیری که با تغییر دما تغییر می‌کنند.

(۱) سلسیوس	(۲) کلوین	(۳) فارنهایت
$^\circ C \xleftarrow{\text{یکا}}$	$K \xleftarrow{\text{یکا}}$	$^\circ F \xleftarrow{\text{یکا}}$
	$T = 273 + \theta$	$F = 1/8\theta + 32$

نکات: $\Delta T = \Delta\theta$ | $\Delta F = 1/8\Delta\theta$

دماسنج

دماسنج‌های معیار:

نوع دماسنج	تفسنج	گازی	مقاومت پلاتینی
اساس کار	اشکارسازی میزان تابش گرمایی	قانون گازهای کامل	تغییر مقاومت الکتریکی با تغییر دما

دماسنج‌های متداول:

نوع دماسنج	دماسنج مایعی	دماسنج ترموکوپل
اساس کار	انبساط مایع درون لوله بر اثر تغییر دما	تغییر ولتاژ بر اثر تغییر دما

مثال: دماسنج‌های جیوه‌ای، الکلی، بیشینه، کمینه

انبساط گرمایی

جامدات:

طولی (α)	سطحی (2α)	حجمی ($\beta = 3\alpha$)
$\Delta L = L_1\alpha\Delta T$	$\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta T$	$\Delta V = V_1(3\alpha)\Delta T$

نکته: جسم چه توپر باشد و چه حفره‌دار، با افزایش دمای آن، تمام ابعادش (چه فضای حفره و چه فضای توپر) بزرگتر می‌شوند.

مایعات: $\Delta V = V_1\beta_{\text{مایع}}\Delta T$

انبساط ظاهری مایع درون ظرف: $\Delta V_{\text{ظاهری}} = \Delta V_{\text{واقعی}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = V_1(\beta_{\text{مایع}} - 3\alpha_{\text{ظرف}})\Delta T$

تغییر چگالی: $\rho_2 = \rho_1(1 - \beta\Delta T)$

انبساط غیرعادی آب: با افزایش دمای آب از صفر تا $4^\circ C$، حجم آن کاهش می‌یابد.

نتایج: (۱) آب در $4^\circ C$ بیش‌ترین چگالی را دارد. (۲) آب از بالا شروع به یخ زدن می‌کند.

گرما

اثرات مبادلهٔ گرما

تغییر دما: $Q = mc\Delta\theta = C\Delta\theta$

گرمای ویژهٔ مولی: $(n = \frac{m}{M})$

قانون دولن و پتی: $Q = nC_m\Delta\theta$

برای $1^\circ C$، افزایش دمای یک مول از هر فلزی ۲۵J گرما لازم است ← $C_m = 25\frac{J}{mol.k}$

تغییر حالت:

تصعید (گرماگیر)

	تبخیر: $Q = +mL_V$	
ذوب: $Q = +mL_F$	مایع	گاز
جامد	میعان: $Q = -mL_V$	
انجماد: $Q = -mL_F$		

چگالش (گرماده)

نکته: نقطه‌ی ذوب و جوش به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد و افزایش فشار سبب افزایش نقطه‌ی ذوب و جوش می‌شود (به‌جز یخ که برعکس است).

تبخیر سطحی:

(۱) در هر دمایی از سطح آزاد مایع رخ می‌دهد.	(۲) به دما، مساحت سطح آزاد مایع، وزش باد، فشار هوا و کم بودن رطوبت بستگی دارد.	(۳) با تبخیر سطحی، دمای مایع کاهش می‌یابد.

گرمکن برقی: $Q = Ra \times Pt$

تغییر دما و حالت: (۱) مراحل افزایش دما و تغییر حالت جسم را مشخص می‌کنیم.

مرحله‌ی بعد: (۲) مجموع گرماهای مبادله شده در مراحل مختلف = $Q_{\text{کل}}$

تعادل گرمایی

با محیط بیرون تبادل گرمایی نداشته باشد: $\sum Q = 0$

دمای تعادل:

بدون تغییر حالت	با تغییر حالت
$\sum Q = 0 \rightarrow m_1c_1(\theta_e - \theta_1) + m_2c_2(\theta_e - \theta_2) + \cdots = 0$	از رابطه‌ی $\sum Q = 0$ استفاده می‌کنیم، فقط حواسمان باید به علامت روابط $\pm mL_F$ و $\pm mL_V$ باشد.

اگر مجموعه گرما از دست بدهد: $\sum Q = Q_{\text{خارج شده}}$

نکته: $Q_{\text{خارج شده}}$ باید منفی باشد.

روش‌های انتقال گرما

(۱) **همرفت:** انتقال گرما به سبب تغییر چگالی شاره در اثر تغییر دما
* جریان همرفتی از پایین به بالا است.
* انواع: الف) طبیعی ب) واداشته

(۲) **تابش گرمایی:** هر جسم در هر دمایی از خودش تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کند.
* تابش گرمایی سطوح تیره، ناصاف و مات بیشتر است.

(۳) **رسانش:** از طریق ارتعاش اتم‌ها و برخورد آن‌ها به یکدیگر گرما منتقل می‌شود.

آهنگ رسانش گرمایی (H): $H = \frac{Q}{t} = \frac{kA(T_H - T_L)}{L}$

نکته: آهنگ رسانش دو رسانای سری یکسان است.

قانون گازها

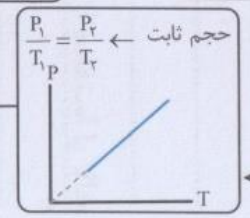
معادله حالت: $PV = nRT$

اگر دو گاز با هم ترکیب شوند: $n_t = n_1 + n_2 \rightarrow \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} + \frac{P_2V_2}{T_2}$

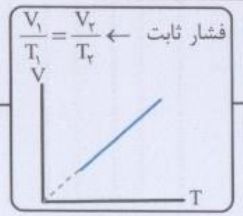
رابطه مقایسه‌ای: $\frac{P_2}{P_1} \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{T_2}{T_1}$

حالت‌های خاص:

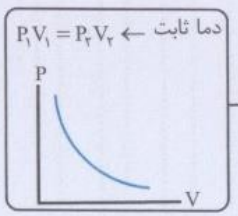
حجم ثابت ← $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$



فشار ثابت ← $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$



دما ثابت ← $P_1V_1 = P_2V_2$



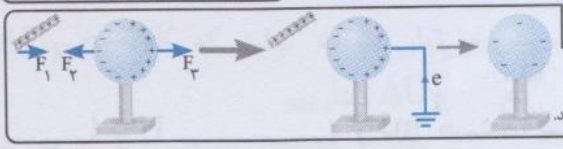
الکتریسیته ساکن

مفاهیم اولیه بار الکتریکی

- **بار بنیادی**: اندازه بار الکتریکی الکترون یا پروتون: $e = 1/60 \times 10^{-19} C$
- **اصل پایستگی بار**: بار به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.
- **اصل کوانتیده بودن بار**: بار الکتریکی مضرب درستی از بار بنیادی است. $q = \pm ne$ (از دست دادن الکترون / گرفتن الکترون)

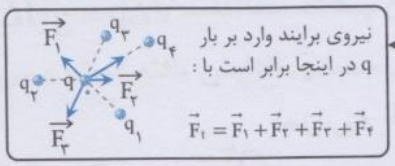
روش‌های باردارکردن

- **مالش**: * با مالش دو جسم به یکدیگر، تعدادی الکترون از یکی به دیگری منتقل می‌شود. * الکترون از ماده بالاتر جدول سری الکتریسیته مالشی به ماده پایین‌تر منتقل می‌شود (بار جسم بالاتر: مثبت / بار جسم پایین‌تر: منفی)
- **تماس**: تماس یک جسم باردار به یک جسم بدون بار سبب مبادله الکترون بین آن‌ها می‌شود. تماس دوکره رسانای مشابه: $q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$
- **القا**: جابجایی بار الکتریکی درون یک جسم در اثر نیروی جاذبه یا دافعه الکتریکی را القا گویند. * جسم القاکننده و القاشونده همواره یکدیگر با جذب می‌کنند.



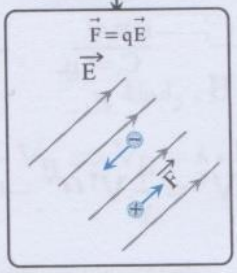
نیروی الکتریکی بین دو جسم باردار

- *دو بار نقطه‌ای در راستای خط واصل دو بار بر یکدیگر نیروهای هم‌اندازه و در خلاف جهت وارد می‌کنند. *نیروی بین دو بار همنام از نوع دافعه و بین دو بار ناهم‌نام از نوع جاذبه است.
- **قانون کولن**: $F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$
- **بر هم نهی نیروهای الکتروستاتیکی**: نیروی برایند وارد بر بار q در اینجا برابر است با: $\vec{F}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$

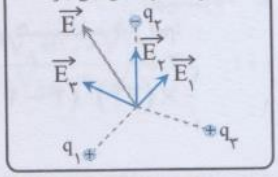


میدان الکتریکی

- **نیروی وارد بر بار q در میدان خارجی E**: $\vec{F} = q\vec{E}$



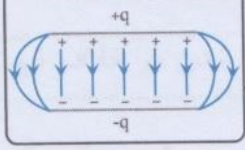
- **برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی**: میدان الکتریکی $\vec{E}$ در محل بار آزمون جمع برداری میدان‌های E_1، E_2 و E_3 در محل این بار است.



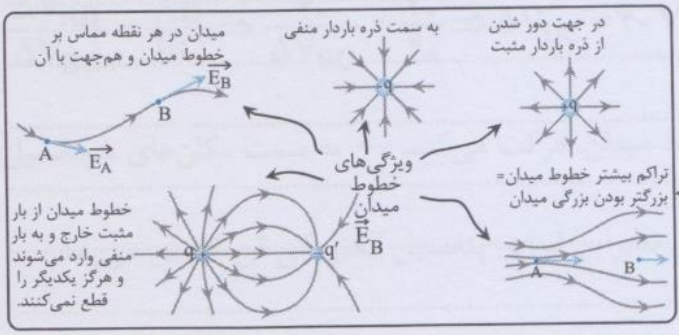
- **نقطه صفر شدن میدان با حضور دو بار**: ۱) دو بار هم‌نام: بین دو بار و نزدیک بار کوچکتر ۲) دو بار ناهم‌نام: خارج از فاصلهٔ دو بار و نزدیک بار کوچکتر * در این نقاط هر باری قراردهیم نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر می‌شود.
- خاصیتی در اطراف بار الکتریکی که به سبب آن به بارهای اطرافش نیرو وارد می‌کند. $E = k\frac{|q|}{r^2}$

میدان یکنواخت

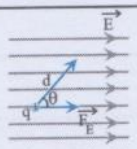
میدانی که اندازه و جهت میدان در تمام نقاط یکسان است.



ویژگی‌های خطوط میدان $\vec{E}_B$



انرژی پتانسیل الکتریکی



- $\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed\cos\theta$
- * درجابجایی‌های عمود بر خطوط میدان انرژی پتانسیل بار ثابت می‌ماند.
- * جابجایی بار در جهتی که تمایل دارد: کاهش انرژی پتانسیل
- * جابجایی در خلاف جهتی که تمایل دارد: افزایش انرژی پتانسیل

اختلاف پتانسیل الکتریکی

- $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$
- * جابجایی در جهت خطوط میدان: کاهش پتانسیل نقاط
- * جابجایی خلاف جهت خطوط میدان: افزایش پتانسیل نقاط
- * جابجایی عمود بر خطوط میدان: عدم تغییر پتانسیل نقاط

توزیع بار الکتریکی

- * در اجسام رسانا: بار به سرعت در سطح خارجی جسم رسانا توزیع می‌شود و میدان درون رسانا صفر می‌شود.
- * در اجسام نارسانا: بار در محل داده شده به جسم باقی می‌ماند.

خازن

- **میدان الکتریکی یکنواخت خازن**: $E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{\kappa\varepsilon_0 A}$
- **عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن**: $C = \frac{\kappa\varepsilon_0 A}{d}$
- * ظرفیت یک خازن همواره مقداری ثابت است و فقط به ساختار درونی آن بستگی دارد. $C = \frac{Q}{V}$
- **انرژی خازن**: $U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$
- **تغییر در خازن**: ۱) برای خازنی که به باتری وصل است، V همواره ثابت است. ۲) برای خازنی که پرشده و جدا از مولد است، Q همواره ثابت است.

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جریان الکتریکی

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

آمپر ساعت: $1Ah = 3600C$

مقاومت الکتریکی

تعریف: $R = \frac{V}{I}$

انواع رساناها:

اهمی	مقاومت با تغییر ولتاژ و جریان ثابت می‌ماند.
غیراهمی	مقاومت با تغییر ولتاژ و جریان تغییر می‌کند.

نمودار:

اهمی	غیراهمی
V، I، R=شیب خط	V، I

مقاومت رسانا بر حسب ابعاد

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

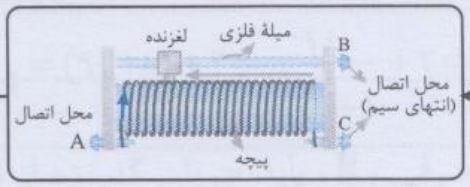
اگر بدون تغییر جرم ابعاد رسانا را تغییر دهیم: $\frac{R_2}{R_1} = (\frac{L_2}{L_1})^2 = (\frac{A_1}{A_2})^2 = (\frac{d_1}{d_2})^4$

نحوهٔ تغییر مقاومت ویژه(ρ) با دما:

(۱) مقاومت ویژه‌ی رساناهای فلزی، با افزایش دما، افزایش می‌یابد.

(۲) مقاومت ویژه‌ی نیم رساناها، با افزایش دما، کاهش می‌یابد.

رئوستا یا پتانسیومتر



اگر دو سر A و C متصل به مدار باشد، مقاومت آن ثابت است.

اگر دو سر AB یا CB در مدار باشد، با حرکت لغزنده مقاومت رئوستا تغییر می‌کند.

به هم بستن مقاومت‌ها

مقاومت معادل:

سری	$R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots$
موازی	$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$

حالت دوتایی:

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1}$	$V_1 = (\frac{R_1}{R_1+R_2})V$ $V_2 = (\frac{R_2}{R_1+R_2})V$	$R_{eq} = R_1 + R_2$	A، R_1، R_2، B، V
$\frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2}$	$I_1 = (\frac{R_2}{R_1+R_2})I$ $I_2 = (\frac{R_1}{R_1+R_2})I$	$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}$	A، I، I_1، R_1، I_2، R_2، B

حالت خاص:

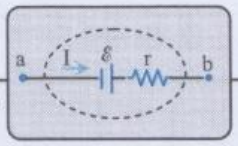
- اگر n مقاومت مشابه R، سری باشند ← $R_{eq} = nR$
- اگر n مقاومت مشابه R، موازی باشند ← $R_{eq} = \frac{R}{n}$

نکتهٔ خاص:

* مقاومت‌ها به هر شکلی که به هم متصل شده باشند، با افزایش یکی از مقاومت‌ها، مقاومت معادل افزایش می‌یابد.
* اگر یک مقاومت به‌صورت موازی به مجموعه‌ی مقاومت‌ها افزوده شود، مقاومت معادل کاهش می‌یابد.
* اگر یک مقاومت به صورت سری به مجموعه‌ی مقاومت‌ها افزوده شود، مقاومت معادل افزایش می‌یابد.

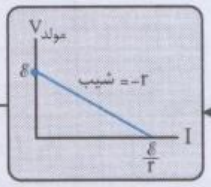
مولد (باتری)

شکل مداری:



ولتاژ دوسرباتری: $V_{مولد} = \varepsilon - rI$

نمودار:



نکته: با افزایش جریان، $V_{مولد}$ کاهش می‌یابد.

وسایل اندازه‌گیری

(۱) آمپرسنج ایده‌آل: $R_A = 0$

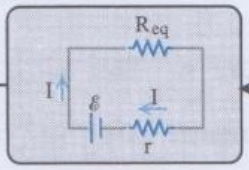
(۲) ولت‌سنج ایده‌آل: $R_V = \infty$

نکات:

* اگر آمپرسنج موازی با مقاومت بسته شود، مقاومت اتصال کوتاه می‌شود.
* جریان در شاخه‌ی ولت‌سنج صفر است.

مدار تک‌حلقه

شکل:



جریان مدار: $I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}}$

نکته: اگر بیش از یک مقاومت به باتری وصل شده‌باشد، باید مقاومت معادل آن‌ها (R_{eq}) را در رابطه قرار دهیم.

اتصال کوتاه

اگر دو سر مقاومتی را با یک سیم به هم وصل کنیم، مقاومت اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می‌گردد.

توان (P)

توان هر نوع وسیله‌ی برقی: $P = V \cdot I$

توان مصرفی در مقاومت‌ها: $P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$

توان خروجی باتری: $P_{خروجی} = \varepsilon I - rI^2$

نکته: توان خروجی مولد با توان مصرفی در مقاومت معادل متصل به مولد برابر است.

اگر توان خروجی مولد به‌ازای دو مقاومت R_1 و R_2 یکسان باشد: $r = \sqrt{R_1 R_2}$

شرط حداکثر شدن توان خروجی مولد: $R_{eq} = r$

حداکثر توان خروجی مولد: $P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$

مغناطیس

آهنربا

- قطب‌های آهنربا
  - دو ناحیه از آهنربا که در آن خاصیت آهنربایی بیشتر از جاهای دیگر است.
  - سری که به سمت شمال زمین قرار میگیرد،قطب N و سری که به سمت جنوب زمین قرار می‌گیرد، قطب S است.
- اثر قطب‌ها بر یکدیگر
  - قطب‌های همنام یکدیگر را می‌رانند.
  - قطب‌های ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند.
- دوقطبی مغناطیسی
  - قطب‌های مغناطیسی همواره بصورت زوج قطب ظاهر می‌شوند. حتی اگر تکه‌تکه شوند!

القای مغناطیسی

ایجاد خاصیت مغناطیسی در یک تیغه آهنی با نزدیک کردن آهنربا به تیغه که همواره بصورت جاذبه است (قطب‌های غیرهمنام در کنار یکدیگر پدید می‌آیند).

میدان مغناطیسی

- خطوط میدان مغناطیسی
  - *خط‌های بسته‌ای که در بیرون آهنربا از N به S و در داخل از S به N است. * تراکم بیشتر خطوط = قدرت بیشتر میدان مغناطیسی *بردار میدان در هر نقطه، مماس برخطوط میدان و هم جهت با آن است.
- * خاصیتی که در اطراف یک جسم مغناطیسی (آهنربا) به وجود می‌آید و به سبب آن بر مواد مغناطیسی اطراف نیرو وارد می‌شود.
  * نماد آن B و یکای آن تسلا (T) است.
- میدان مغناطیسی یکنواخت
  - خطوط میدان مغناطیسی هم‌جهت،موازی و به فاصله یکسان از یکدیگرند
- شیب مغناطیسی
  - زاویه‌ای که راستای آهنربای میله‌ای سبک (عقربه مغناطیسی) آویزان شده با افق می‌سازد.
- میدان مغناطیسی زمین
  - جهت میدان مغناطیسی زمین موازی سطح زمین و از جنوب به شمال است (به‌جز قطب‌ها)

نیروی وارد بر ذره باردار متحرک

نیرویی که به واسطه حرکت ذره باردار در میدان مغناطیسی بر آن وارد می‌شود.

$F = |q| vB\sin\theta$

تعیین جهت

- بار مثبت
  - قاعدهٔ دست راست: چهار انگشت در جهت v، جهت خم شدن انگشتان در جهت B، انگشت شست جهت F را نشان می‌دهد.
- بار منفی
  - روش۱: استفاده از دست چپ به‌جای دست راست
  - روش۲: معکوس کردن جهت F به‌دست آمده از دست راست

نیروی وارد بر سیم حامل جریان

بر هم سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود.

$F = I\ell B\sin\theta$

تعیین جهت

- قاعدهٔ دست راست: چهارانگشت در جهت I، جهت خم شدن انگشتان درجهت B، انگشت شست جهت F را نشان می‌دهد.

نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

- جریان‌ها هم جهت
  - نیروی بین دو سیم: رباینشی
- جریان‌ها در خلاف جهت
  - نیروی بین دو سیم: رانشی

میدان مغناطیسی اطراف سیم بلند حامل جریان

عبور جریان از یک سیم در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند که به‌صورت دوایر متحدالمرکز اطراف سیم هستند.

تعیین جهت

- قاعده دست راست: سیم را طوری در دست راست می‌گیریم که انگشت شست در جهت جریان باشد، جهت خم شدن انگشتان همان جهت میدان مغناطیسی است.

میدان حاصل از حلقه حامل جریان

حلقه حامل جریان I با شعاع R در اطراف خود میدان مغناطیسی B ایجاد می‌کند.

۱. جهت در داخل و بیرون قرینه هم است.

۲. اندازه میدان در داخل حلقه بزرگتر از بیرون است.

تعیین جهت

- قاعده دست راست: حلقه را طوری در دست راست خود می‌گیریم که انگشت شست در جهت جریان باشد، جهت چرخش انگشتان جهت میدان را نشان می‌دهند.

میدان حاصل از سیملوله حامل جریان

۱. میدان داخل سیملوله یکنواخت و از میدان بیرون آن قوی‌تر است.

۲. جهت خطوط میدان داخل و بیرون آن قرینه یکدیگرند.

۳. سیملوله شبیه آهنربای میله‌ای با دو قطب N و S عمل می‌کند.

تعیین جهت

- قاعده دست راست: اگر چهار انگشت دست راست جهت جریان را دنبال کنند، انگشت شست جهت میدان را نشان می‌دهد.

میدان یکنواخت سیملوله آرمانی

میدان حاصل از سیملوله آرمانی N دوری به طول ℓ حامل جریان I

$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$

آهنربای الکتریکی

پیچه‌ای حامل جریان که تعداد دور سیم زیادی دارد و میدان حاصل از آن قادر است مقدار زیادی میله‌های فولادی و دیگر قراضه‌های آهن را بلند کند.

* هرچه تعداد دورهای سیملوله و جریانی که از آن می‌گذرد بیشتر باشد، آهنربای الکتریکی قوی‌تر است.

ویژگی‌های مغناطیسی مواد

- دارای دوقطبی مغناطیسی ذاتی
  - حوزه مغناطیسی دارند
    - مواد فرومغناطیس
      - فرومغناطیس نرم
      - فرومغناطیس سخت
  - حوزه مغناطیسی ندارند
    - مواد پارامغناطیس
- ذاتا دوقطبی مغناطیسی ندارند
  - مواد دیامغناطیس

القای الکترومغناطیسی

شار مغناطیسی

$\phi = BA\cos\theta$

نکته: یکای شار $T\cdot m^2$ است که به آن Wb (وبر) می‌گویند.

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

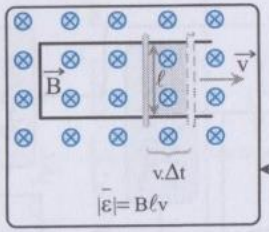
نیروی محرکهٔ القایی متوسط: $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

نیرو محرکهٔ القایی متوسط بر حسب آهنگ تغییر هریک از کمیت ها

تغییر میدان (ΔB)	تغییر مساحت سطح (ΔA)	تغییر زاویهٔ θ
$\bar{\varepsilon} = -NA\cos\theta\frac{\Delta B}{\Delta t}$	$\bar{\varepsilon} = -NB\cos\theta\frac{\Delta A}{\Delta t}$	$\bar{\varepsilon} = -NAB\frac{\Delta(\cos\theta)}{\Delta t}$

جریان القایی متوسط: $I = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{-N}{R}\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

بار شارش شده: $\Delta q = \frac{-N}{R}\Delta\phi$



$|\bar{\varepsilon}| = B\ell v$

حرکت میلهٔ رسانا روی قاب

رابطهٔ نمودار $\bar{\varepsilon}$ و $\phi - t$

شیب خط واصل $= \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

$\phi - t$ نمودار صعودی $\rightarrow \varepsilon < 0$	$\bar{\varepsilon} = (-N)\times$(شیب خط واصل $\phi - t$ بین دو لحظه)
$\phi - t$ نمودار نزولی $\rightarrow \varepsilon > 0$	

اگر نمودار خطی باشد $\phi = at + b$

خط افقی	خط غیرافقی $(a \neq 0)$	
$a = 0$	$a > 0$	$a < 0$
نیروی محرکه القا نمی‌شود	ε: ثابت و منفی	ε: ثابت و مثبت

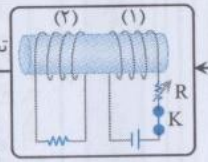
قانون لنز

بررسی نحوهٔ تغییر شار: اثر متقابل قطب‌های N و S

- افزایش $\rightarrow B_{\text{القایی}}$ خلاف جهت $B_{\text{اصلی}} \rightarrow$ تعیین جهت $I_{\text{القایی}}$ با قاعدهٔ دست راست
- کاهش $\rightarrow B_{\text{القایی}}$ هم‌جهت $B_{\text{اصلی}} \rightarrow$ تعیین جهت $I_{\text{القایی}}$ با قاعدهٔ دست راست

- درحال نزدیک‌شدن $\rightarrow$ ایجاد نیروی دافعه $\rightarrow$ ایجاد قطب همنام در سمت آهنربا $\rightarrow$ تعیین جهت $I_{\text{القایی}}$
- درحال دورشدن $\rightarrow$ ایجاد نیروی جاذبه $\rightarrow$ ایجاد قطب ناهمنام در سمت آهنربا $\rightarrow$ تعیین جهت $I_{\text{القایی}}$

نکته



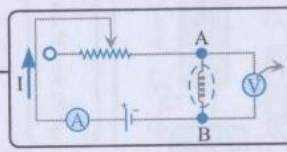
تعیین جهت $I_{\text{القایی}}$ پیچه (۲)

بسته شدن کلید، کاهش R، نزدیک شدن دو سیم‌پیچ	باز شدن کلید، افزایش R، دور شدن دو سیم‌پیچ
شار در حال افزایش $\rightarrow$ ایجاد نیروی دافعه	شار در حال کاهش $\rightarrow$ ایجاد نیروی جاذبه

القاگر

خودالقاوری

با تغییر جریان گذرنده از القاگر، ولت‌سنج نیروی محرکهٔ خودالقاوری را نشان می‌دهد.



القاگر مانند یک باتری عمل می‌کند و طبق قانون لنز با تغییر جریان اصلی مدار مخالفت می‌کند

نکته: اگر جریان گذرنده از القاگر ثابت باشد: نیروی محرکهٔ خودالقاوری به‌وجود نمی‌آید.

انرژی ذخیره شده در القاگر

$U = \frac{1}{2}LI^2$

جریان	افزایش	کاهش	ثابت
انرژی ذخیره شده در القاگر	افزایش	کاهش	ثابت
نتیجه	القاگر درحال دریافت انرژی	القاگر در حال تحویل انرژی	انرژی نه وارد می‌شود نه خارج

اگر جریان به شکل $I = I_m\sin\omega t$ باشد

$U_{max} = \frac{1}{2}LI_m^2$

جریان متناوب

دوره تناوب	فرکانس
$T = \frac{t}{n}$	$f = \frac{1}{T}$

$\phi = BA\cos(\frac{2\pi}{T})t$

$\bar{\varepsilon} = \varepsilon_m\sin(\frac{2\pi}{T})t$

$I = I_m\sin(\frac{2\pi}{T})t$

نکته: $I_m = \frac{\varepsilon_m}{R}$

نکته

سطح پیچه عمود بر خطوط میدان	سطح پیچه هم راستا با خطوط میدان
$\phi = max$	$\phi = 0$
$I = 0$	$I: max$

مبدل

افزاینده	کاهنده
ولتاژ را زیاد می‌کند	ولتاژ را کم می‌کند

نکته: برای کاهش تلفات در انتقال توان از مبدل افزاینده استفاده می‌شود.

(کاهش) $\downarrow RI^2 =$ تلفات $\downarrow$ (کاهش)