

کار و انرژی و توان

انرژی جنبشی (K)

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

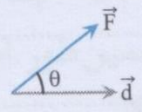
نکته: جهت حرکت جسم مهم نیست.

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

$$W = F_x d_x + F_y d_y$$

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

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



$$W = Fd \cos \theta$$

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})

$$W_{f_k} = -f_k \cdot d$$

$$W_R = W_{F_n} + W_{f_k}$$

کار نیروی وزن (W_{mg})

نکته: $W_{mg} = \pm mgh$
 جسم پایین برود
 جسم بالا برود

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:
 $W_t = W_1 + W_2 + \dots$

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

قضیه کار و انرژی

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

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

انرژی پتانسیل

انرژی وضعیت جسم و سامانه است.
 انرژی پتانسیل کشسانی (U_e)

انرژی پتانسیل گرانشی (U_g)

$$\Delta U_g = -W_{mg}$$

اگر ارتفاع جسم نسبت به مبدأ انرژی پتانسیل h باشد.

$$U_g = mgh$$

$$\Delta U_e = W_{فنر}$$

پایستگی انرژی مکانیکی (نیروی اتلافی نداریم)

$$E_1 = E_2 \rightarrow \Delta K = -\Delta U$$

انرژی مکانیکی

$$E = U + K$$

عدم پایستگی انرژی مکانیکی (نیروی اتلافی داریم)

$$W_f = E_2 - E_1 = \Delta K + \Delta U$$

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

توان

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

$$\bar{P} = F \cdot v_{av} \cos \theta$$

توان متوسط بر حسب سرعت متوسط و نیرو

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

دو نوع است
 (۱) بلورین مثل الماس
 (۲) بی‌شکل یا آمورف مثل شیشه

حالات ماده: جامد، مایع، گاز، پلاسما
 در دماهای بالا به‌وجود می‌آید، مانند ستاره‌ها، آتش و ...

فاصله بین مولکول‌های جامد و مایع یکسان است.
 پدیده پخش در گازها سریع‌تر از مایعات است.
 ذرات آن حرکت کاتوره‌ای دارند که منجر به حرکت براونی مولکول‌های دود در هوا می‌شود.

نانو: ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو، تغییر می‌کند.
 مثال: (۱) نقطه ذوب طلا در مقیاس نانو، کم‌تر از مقیاس معمولی آن است. (۲) آلومینیوم اکسید در مقیاس معمولی نارسا و در مقیاس نانو رسا است.

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

نوع نیرو	هم‌چسبی	دگرچسبی
پدیده مرتبط	کشش سطحی و کروی بودن قطره	ترشوندگی و موئینگی

هر چقدر لوله موئین‌نازک‌تر باشد، آب بالاتر و جیوه پایین‌تر می‌رود.

آب شیشه کثیف یا چرب را تر نمی‌کند	آب و شیشه تمیز هم‌چسبی $F_{\text{هم‌چسبی}} > F_{\text{دگرچسبی}}$ شیشه تر می‌شود	آب در لوله موئین بالا می‌رود
	جیوه و شیشه هم‌چسبی $F_{\text{هم‌چسبی}} < F_{\text{دگرچسبی}}$ شیشه تر نمی‌شود	جیوه در لوله موئین پایین می‌رود

فشار اجسام جامد منشوری: $P = \frac{mg}{A} = \rho gh$
 فشار در عمق h از سطح آزاد شاره: $P = \frac{F}{A}$

نقاط هم‌تراز از یک مایع ساکن هم‌فشارند.
 نتیجه: $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g \Delta h$

(۱) تبدیل از پاسکال	(۲) تبدیل از مایع دیگر
$P = \rho_{\text{جیوه}} gh$	$h_{\text{جیوه}} = \left(\frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}}\right) h_{\text{مایع}}$

فشار در شاره‌ها: سانتی‌متر جیوه (cmHg) واحد دیگری از فشار است که دو حالت مسأله دارد: جیوه h

نیروی وارد بر کف ظرف از طرف مایع (F)، مساحت کف ظرف A
 نتیجه: $F = \rho ghA$
 ظرف استوانه‌ای: وزن مایع F =
 ظرف گلدانی: وزن مایع F <
 ظرف دیگری: وزن مایع F >

وقتی چند مایع درون ظرفی باشند، فشار ناشی از مایعات در کف ظرف، برابر با جمع فشار هریک از مایعات است:
 $P = P_1 + P_2 + \dots = \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2 + \dots$

فشار پیمانه‌ای (P_g): $P_g = P - P_0$
 تمامی فشارسنج‌ها، فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرند.

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

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

نیروی شناور (F_b): وزن شاره جابه‌جا شده $F_b =$ همواره رو به بالا بر جسم اثر می‌کند.

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.

شاره در حرکت: اصل برنولی: $v_1 A_1 = v_2 A_2$
 در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.
 مثال: اگر در یک لوله آب، مقطع لوله، کوچک‌تر شود، تندی جریان آب بیشتر و فشار آن کم‌تر می‌شود.

دما و گرما

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 (C) ← یکا
 - (۲) کلونین (T) ← یکا
 - (۳) فارنهایت (F) ← یکا
- $$T = 273 + \theta$$
- $$F = 1.8\theta + 32$$

نکات

$$\Delta T = \Delta \theta$$

$$\Delta F = 1.8 \Delta \theta$$

مثال
دماسنج‌های جیوه‌ای، الکلی، بیشینه، کمینه

نوع دماسنج	تفسیح	گازی	مقاومت پلاتینی	دماسنج‌های متداول	نوع دماسنج	دماسنج مایعی	دماسنج ترموکوپل
اساس کار	میزان تابش گرمایی	قانون گازهای کامل	تغییر مقاومت الکتریکی با تغییر دما	انبساط مایع درون لوله بر اثر تغییر دما	انبساط مایع درون لوله بر اثر تغییر دما	تغییر ولتاژ بر اثر تغییر دما	تغییر دما

انبساط گرمایی

جامدات	طولی (α)	سطحی (۲α)	حجمی (β = ۳α)
مابعات	$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T$	$\Delta A = A_1 (2\alpha) \Delta T$	$\Delta V = V_1 (3\alpha) \Delta T$

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

انبساط ظاهری مایع درون ظرف

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta T$$

$$\Delta V_{ظرف} = V_1 (\beta_{مایع} - 3\alpha_{ظرف}) \Delta T$$

$$\Delta V_{ظرف} = \Delta V_{واقعی} - \Delta V_{ظرفی}$$

تغییر چگالی

$$\rho_T = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$$

با افزایش دمای آب از صفر تا ۴°C، حجم آن کاهش می‌یابد.
(۱) آب در ۴°C بیشترین چگالی را دارد.
(۲) آب از بالا شروع به یخ زدن می‌کند.

گرما

اثرات مبادله گرما

$$Q = mc\Delta\theta = C\Delta\theta$$

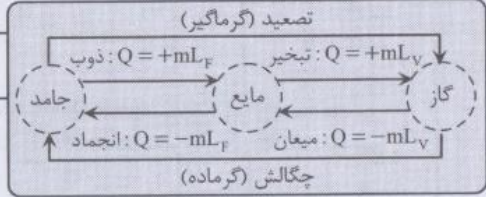
تغییر دما

$$Q = nC_m \Delta\theta$$

قانون دولن و پتی

$$C_m = 25 \frac{J}{mol \cdot K}$$

برای ۱°C، افزایش دمای یک مول از هر فلزی ۲۵J گرما لازم است ←



نقطه ذوب و جوش به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد و افزایش فشار سبب افزایش نقطه ذوب و جوش می‌شود (به جز یخ که برعکس است).

نکته: (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.

تغییر دما و حالت
(۱) مراحل افزایش دما و تغییر حالت جسم را مشخص می‌کنیم.
(۲) مجموع گرماهای مبادله شده در مراحل مختلف = ۰

تبادل گرمایی با محیط بیرون تبادل گرمایی نداشته باشد

$$\sum Q = 0$$

تبادل گرمایی نداشته باشد

$$\sum Q = 0$$

بدون تغییر حالت با تغییر حالت

$$m_1 c_1 (\theta_c - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_c - \theta_2) + \dots = 0$$

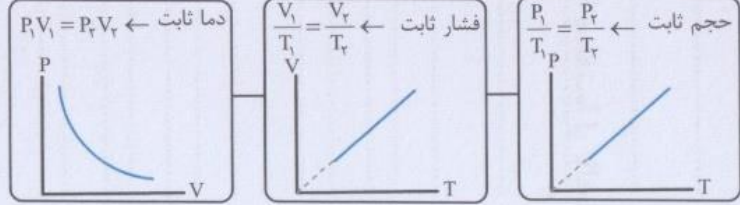
اگر مجموعه گرما از دست بدهد خارج شده $\sum Q = Q_{خارج}$ نکته: خارج شده Q باید منفی باشد.

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. * گرما (H) آهنگ رسانش $H = \frac{Q}{t} = \frac{kA(T_H - T_L)}{L}$ نکته: آهنگ رسانش دو رسانای سری یکسان است.



رابطه مقایسه‌ای

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

قانون گازها

$$PV = nRT$$

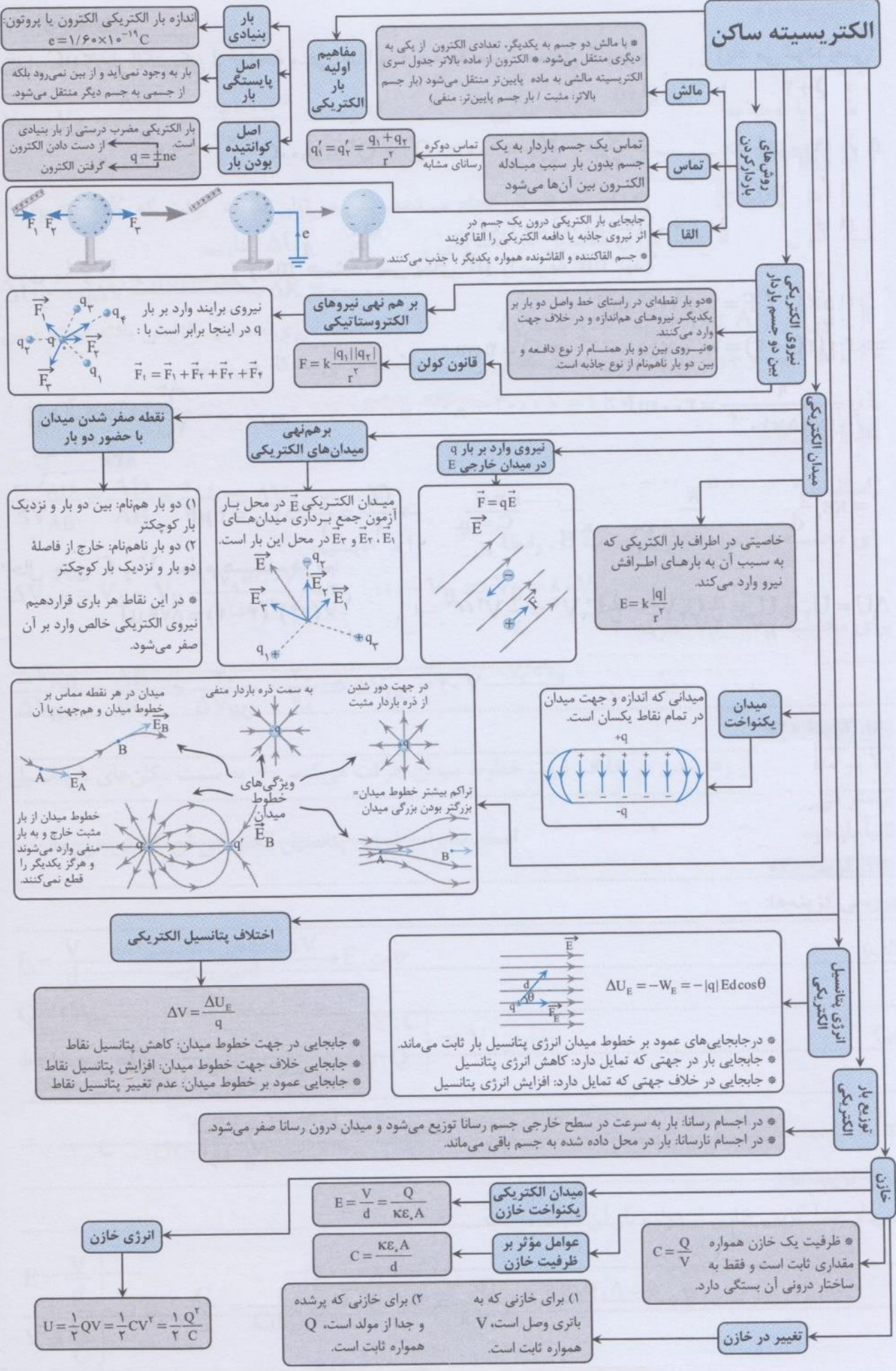
معادله حالت

$$n_1 = n_1 + n_2 \rightarrow \frac{PV}{T} = \frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

اگر دو گاز با هم ترکیب شوند.

حالت‌های خاص

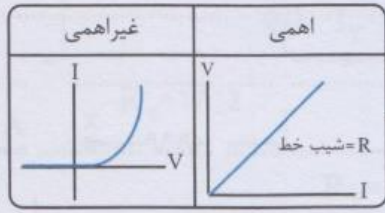
الکتریسیته ساکن



جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

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

آمپر ساعت $1Ah = 3600C$



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

تعریف $R = \frac{V}{I}$

مقاومت الکتریکی

انواع رساناها

نمودار

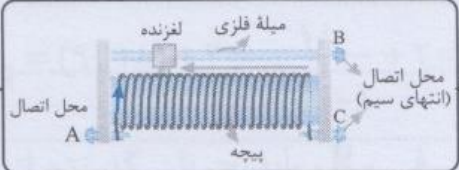
(۱) مقاومت ویژه رساناهای فلزی، با افزایش دما، افزایش می‌یابد.
(۲) مقاومت ویژه نیم رساناها، با افزایش دما، کاهش می‌یابد.

نحوه تغییر مقاومت ویژه (ρ) با دما

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4$$

اگر بدون تغییر جرم ابعاد رسانا را تغییر دهیم

مقاومت رسانا بر حسب ابعاد $R = \rho \frac{L}{A}$



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.

$\frac{P_r}{P_1} = \frac{V_r}{V_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_r}$	$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_r}\right)V$	$R_{eq} = R_1 + R_r$	
$\frac{P_r}{P_1} = \frac{I_r}{I_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_r}$	$I_1 = \left(\frac{R_r}{R_1 + R_r}\right)I$	$R_{eq} = \frac{R_1 R_r}{R_1 + R_r}$	

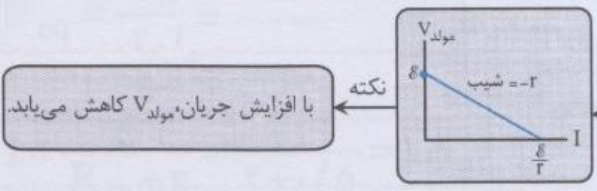
سری	مقاومت معادل $R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots$
موازی	مقاومت معادل $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

نکته خاص

* مقاومت‌ها به هر شکلی که به هم متصل شده باشند، با افزایش یکی از مقاومت‌ها، مقاومت معادل افزایش می‌یابد.
* اگر یک مقاومت به صورت 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.

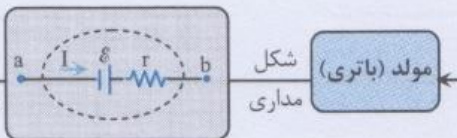
حالت خاص

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



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

ولتاژ $V_{مولد} = \epsilon - rI$



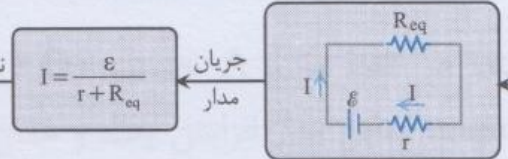
شکل مولد (باتری) مداری

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 تک حلقه شکل

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



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

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

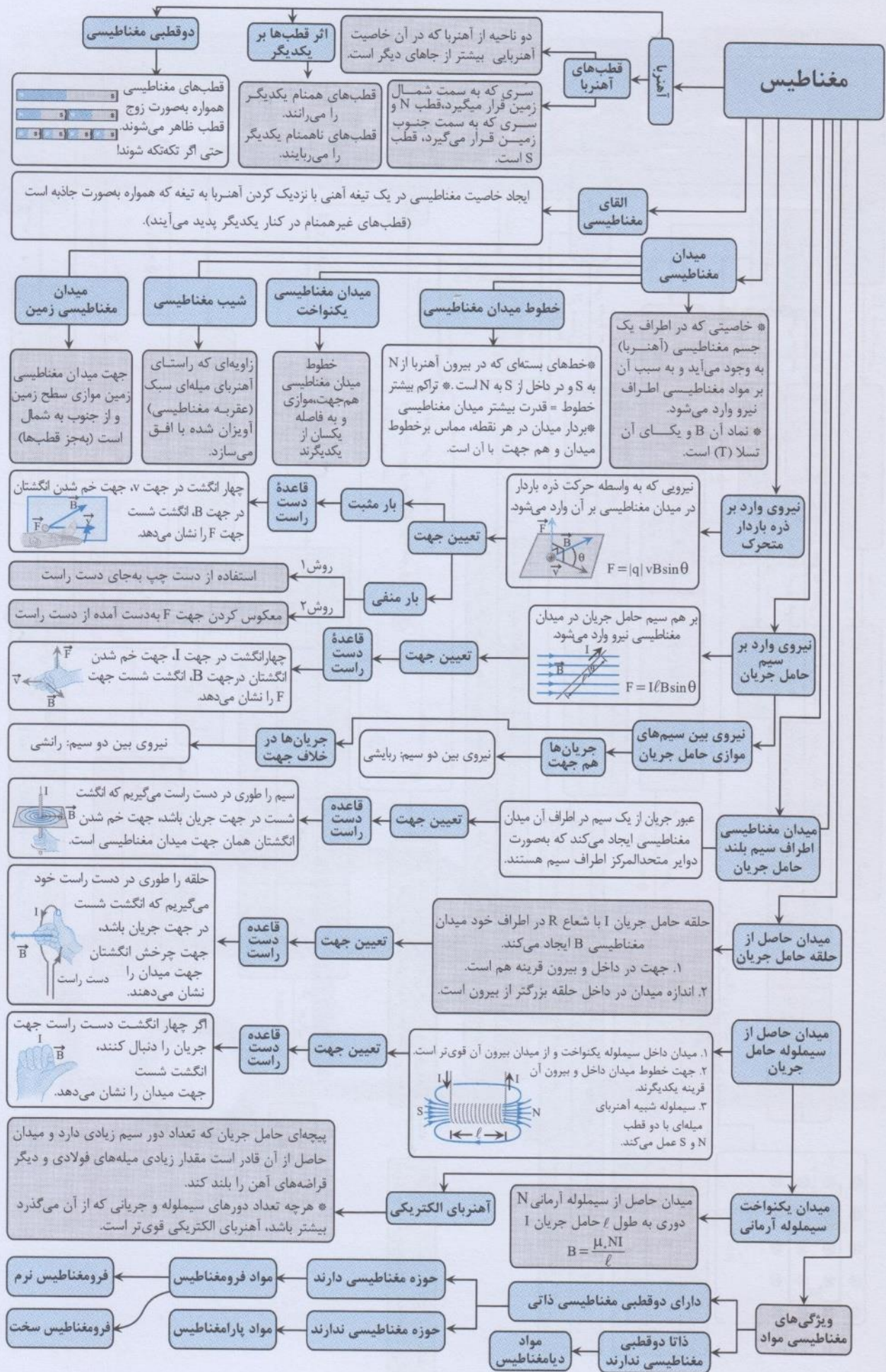
توان خروجی باتری $P_{خروجی} = \epsilon I - rI^2$

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

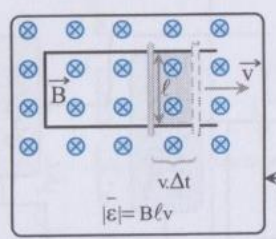
توان خروجی مولد حداکثر شدن $R_{eq} = r$

توان خروجی مولد $P_{max} = \frac{\epsilon^2}{4r}$

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



الکترومغناطیسی



شار مغناطیسی $\phi = BA \cos \theta$ نکته: یکای شار $T \cdot m^2$ است که به آن Wb (وبر) می‌گویند.

قانون القای فاراده الکترومغناطیسی

نیروی محرکه القای متوسط $\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$

جریان القای متوسط $I = \frac{\bar{\epsilon}}{R} = \frac{-N \Delta \phi}{R \Delta t}$

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

نیرو محرکه القای متوسط بر حسب آهنگ تغییر هر یک از کمیت‌ها

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

حرکت میله رسانا روی قاب

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

رابطه نمودار $\bar{\epsilon}$ و $\phi - t$

شیب خط $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$

نمودار صعودی $\phi - t \rightarrow \epsilon < 0$

نمودار نزولی $\phi - t \rightarrow \epsilon > 0$

شیب خط واصل $(-N) = \bar{\epsilon}$ بین دو لحظه $\phi - t$

اگر نمودار خطی باشد $\phi = at + b$

بررسی نحوه تغییر شار

کاهش \leftarrow القای B هم جهت اصلی B \leftarrow تعیین جهت القای I با قاعده دست راست

افزایش \leftarrow القای B خلاف جهت اصلی B \leftarrow تعیین جهت القای I با قاعده دست راست

در حال نزدیک شدن \leftarrow ایجاد نیروی دافعه \leftarrow ایجاد قطب همنام در سمت آهنربا \leftarrow تعیین جهت القای I

در حال دور شدن \leftarrow ایجاد نیروی جاذبه \leftarrow ایجاد قطب ناهمنام در سمت آهنربا \leftarrow تعیین جهت القای I

قانون لنز

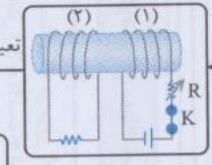
اثر متقابل قطب‌های S و N

بسته شدن کلید، کاهش R ، نزدیک شدن دو سیم پیچ

باز شدن کلید، افزایش R ، دور شدن دو سیم پیچ

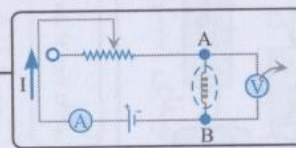
شار در حال افزایش \leftarrow ایجاد نیروی دافعه

شار در حال کاهش \leftarrow ایجاد نیروی جاذبه



تعیین جهت القای پیچ (۲)

خود القاوری



الف اگر جریان گذرنده از القاگر ثابت باشد: نیروی محرکه خود القاوری به وجود نمی‌آید.

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

با تغییر جریان گذرنده از القاگر، ولت‌سنج نیروی محرکه خود القاوری را نشان می‌دهد.

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 در حال دریافت انرژی	القاگر در حال تحویل انرژی می‌شود 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 $T = \frac{1}{n}$

فرکانس $f = \frac{1}{T}$

نکته: $I_m = \frac{\epsilon_m}{R}$

سطح پیچ عمود بر خطوط میدان راستا یا خطوط میدان $\phi = 0$ $\phi = \max$

سطح پیچ هم $\phi = 0$ $I: \max$ $I = 0$

نکته: $I = I_m \sin(\frac{2\pi}{T})t$ $\bar{\epsilon} = \epsilon_m \sin(\frac{2\pi}{T})t$ $\phi = BA \cos(\frac{2\pi}{T})t$

مبدل

ولتاژ را زیاد می‌کند و ولتاژ را کم می‌کند

کاهنده

افزاینده

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

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