◂ **قانون:** رابطهٔ بین برخی کمیت‌ها در دامنهٔ وسیعی از پدیده‌ها
◂ **اصل:** رابطهٔ بین برخی کمیت‌ها در دامنهٔ محدودی از پدیده‌ها

۱ مدل‌سازی

ساده‌سازی پدیده‌های فیزیکی برای تحلیل راحت‌تر.

نکته در مدل‌سازی فقط باید از اثرات جزئی صرف‌نظر کرد.

◂ **آهنگ:** تغییر هر کمیت نسبت به زمان، آهنگ آن کمیت نام دارد.

◂ **سازگاری یکاها:** در هر فرمول و رابطه‌ای، یکای نهایی دو طرف فرمول باید یکسان باشد.

◂ **پیشوندها:**

ترا	گیگا	مگا	کیلو	هکتو	دکا	دسی	سانتی	میلی	میکرو	نانو	پیکو
T	G	M	k	h	da	d	c	m	μ	n	p
10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{3}	10^{2}	10^{1}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}

◂ **نمادگذاری علمی:** در نمادگذاری علمی، هر عدد را به‌صورت $a\times10^{n}$ می‌نویسیم که $1\le a<10$ است.

۲ کمیت‌ها و یکاها

دسته‌بندی (۱)		دسته‌بندی (۲)	
نرده‌ای	برداری	اصلی	فرعی

• کمیت نرده‌ای فقط با یک عدد و یکای مناسب بیان می‌شود؛ ولی کمیت برداری علاوه بر عدد و یکای مناسب، به جهت هم نیاز دارد و از قوانین جمع برداری پیروی می‌کند. • کمیت‌های طول، جرم، زمان، دما، مقدار ماده، جریان الکتریکی و شدت روشنایی کمیت‌های اصلی‌اند. کمیت‌های فرعی به کمک فرمول‌های فیزیکی بر حسب کمیت‌های اصلی بیان می‌شوند.

۳ خطا و دقت

نوع وسیله	دقت اندازه‌گیری	خطا	نحوهٔ خواندن وسیله	رقم غیرقطعی و مشکوک	رقم حدسی
مدرج	کمینهٔ درجه‌بندی وسیله	$\pm\frac{\text{دقت}}{2}$	تا کوچک‌ترین درجه‌بندی را می‌نویسیم و در آخر یک رقم هم حدس می‌زنیم.	آخرین رقم سمت راست	آخرین رقم سمت راست
رقمی	یک واحد از آخرین رقم نمایش داده شده	$\pm$ دقت	هر عددی که نمایشگر نشان دهد را می‌نویسیم.	آخرین رقم سمت راست	رقم حدسی ندارد.

◂ **نحوهٔ گزارش نتیجهٔ اندازه‌گیری:**
(دقت) $\pm$ (عدد خوانده‌شده)

◂ **عوامل مؤثر بر دقت:**
۱ دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری
۲ مهارت شخص آزمایش‌کننده
۳ افزایش تعداد دفعات اندازه‌گیری و میانگین گرفتن از آن‌ها

نکته قبل از میانگین‌گیری، نتایج پرت را حذف می‌کنیم.

۴ تخمین مرتبه بزرگی

ابتدا اعداد را قبل از قرار دادن در فرمول به‌صورت نماد علمی می‌نویسیم و سپس از قاعدهٔ روبه‌رو استفاده می‌کنیم:

$1\le x<5\Rightarrow x\sim1$	مثال $\longrightarrow 5/5\times10^{2}\sim10\times10^{2}\sim10^{3}$
$5\le x<10\Rightarrow x\sim10$	

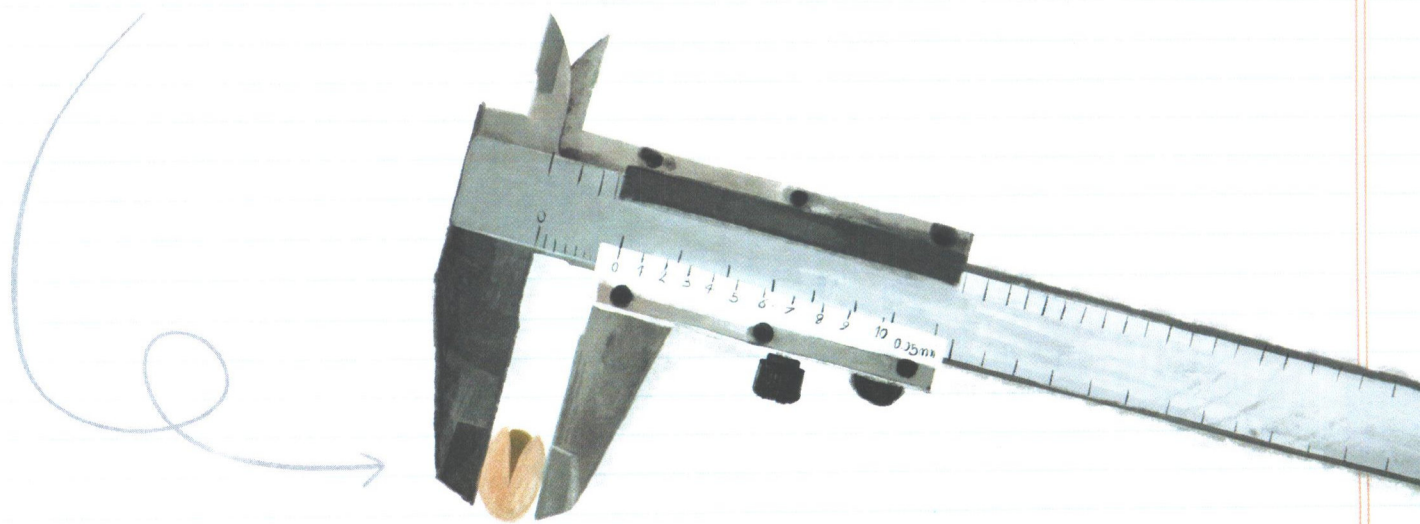
۵ چگالی

$$\rho=\frac{m}{V}$$

نکته در محاسبهٔ چگالی یک ماده، باید حجم واقعی خود ماده را در فرمول قرار دهیم، مثلاً اگر جسمی حفره داشته باشد، حجم واقعی ماده برابر با تفاضل حجم ظاهری جسم و حجم حفره است.

◂ **چگالی مخلوط:**

$$\rho_{\text{مخلوط}}=\frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}}=\frac{m_1+m_2+\cdots}{V_1+V_2+\cdots}=\frac{\rho_1V_1+\rho_2V_2+\cdots}{V_1+V_2+\cdots}=\frac{m_1+m_2+\cdots}{\frac{m_1}{\rho_1}+\frac{m_2}{\rho_2}+\cdots}$$



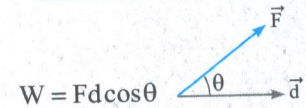
دهم فصل ۲: کار، انرژی و توان

۱ انرژی جنبشی (K)

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

نکته جهت حرکت جسم مهم نیست.

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



$$W=Fd\cos\theta$$

$0\le\theta<90^\circ$	$\theta=90^\circ$	$90^\circ<\theta\le180^\circ$
$W>0$	$W=0$	$W<0$

◄ اگر $\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}$ و $\vec{d}=d_x\vec{i}+d_y\vec{j}$ باشد: $W=F_xd_x+F_yd_y$

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.

◄ **محاسبهٔ کار کل (W_t):**

روش اول کار کل، برابر جمع جبری کار تک‌تک نیروهاست: $W_t=W_1+W_2+\cdots$

روش دوم کار کل، برابر کار نیروی خالص وارد بر جسم است: $W_t=W_{F_{net}}$

۳ قضیهٔ 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.

۵ انرژی مکانیکی (E)

$$E=K+U$$

◄ **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 است.

۶ توان

$$P=\frac{W}{t}\leftarrow\text{توان متوسط بر حسب سرعت متوسط و نیرو}\quad \bar{P}=F\cdot v_{av}\cos\theta$$

◄ **بازده(Ra):** $Ra=\frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{ورودی}}}=\frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{ورودی}}}$

نکته بازده سیستم‌های چند جزئی از ضرب بازده هر یک از اجزاء در هم به‌دست می‌آید.

◄ **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، $W_{F_N}\neq0$ است.

◄ **کار نیروی اصطکاک جنبشی (W_{f_k}):** $W_{f_k}=-f_kd$

◄ **کار نیروی سطح:** $W_R=W_{F_N}+W_{f_k}$

◄ **کار نیروی وزن (W_{mg}):**

جسم پایین برود ↑

$$W_{mg}=\pm mgh$$

↓ جسم بالا برود

۴ انرژی پتانسیل (U)

انرژی وضعیت جسم و سامانه است.

◄ **انرژی پتانسیل گرانشی (U_g):** $\Delta U_g=-W_{mg}$

$$U_g=mgh\leftarrow\frac{\text{اگر ارتفاع جسم نسبت به مبدأ}}{\text{انرژی پتانسیل h باشد}}$$

◄ **انرژی پتانسیل کشسانی (U_e):**

$$\Delta U_e=-W_{\text{فنر}}$$

۱ حالت‌های ماده

۱ جامد: دو نوع است: الف) بلورین (مثل الماس) ب) بی‌شکل یا آمورف (مثل شیشه) ۲ مایع نکته فاصلهٔ بین مولکول‌های جامد و مایع یکسان است.
۳ گاز: ذرات آن حرکت کاتوره‌ای دارند که منجر به حرکت براونی مولکول‌های دود در هوا می‌شود. نکته پدیدهٔ پخش در گازها سریع‌تر از مایعات است.
۴ پلاسما: در دماهای بالا به‌وجود می‌آید. مثل ستاره‌ها، آتش و... نانو: ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو تغییر می‌کند.
مثال ۱ نقطهٔ ذوب طلا در مقیاس نانو کمتر از مقیاس معمولی آن است. ۲ آلومینیم‌اکسید در مقیاس معمولی نارسانا و در مقیاس نانو رسانا است.

۲ نیروهای بین مولکولی

نیروی بین مولکولی در فاصلهٔ 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 موئینگی

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

نکته ۱ آب، شیشهٔ کثیف یا چرب را تر نمی‌کند.
۲ هر چقدر لولهٔ موئین نازک‌تر باشد، آب بالاتر و جیوه پایین‌تر می‌رود.
۳ سطح آب در لولهٔ موئین فرورفته و سطح جیوه برآمده است.

۳ فشار

$$P=\frac{F}{A} \xrightarrow{\text{فشار اجسام جامد منشوری}} P=\frac{mg}{A}=\rho gh$$

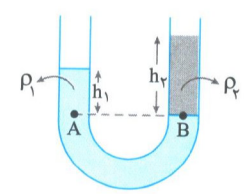
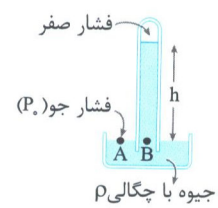
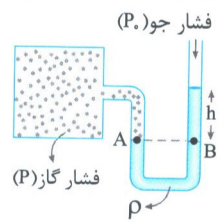
◂ فشار در شاره‌ها: ۱ فشار در عمق h از سطح آزاد شاره: $P=P_0+\rho gh \xrightarrow{\text{نتیجه}} \Delta P=P_2-P_1=\rho g\Delta h$
نتیجه نقاط هم‌تراز از یک مایع ساکن، هم‌فشارند.
۲ واحد دیگری از فشار، سانتی‌متر جیوه (cmHg) است که مسائل آن دو حالت دارند:

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

۳ نیروی وارد بر کف ظرف از طرف مایع (F):

$F=\rho ghA \xleftarrow{\text{نتایج}}$	ظرف استوانه‌ای	ظرف گلدانی	ظرف دیگی
	وزن مایع = F	وزن مایع < F	وزن مایع > F

۴ وقتی چند مایع درون ظرفی باشند، فشار ناشی از مایعات در کف ظرف، برابر با جمع فشار هر یک از مایعات است: $P=P_1+P_2+\cdots=\rho_1gh_1+\rho_2gh_2+\cdots$
۵ فشار پیمانه‌ای (P_g): $P_g=P-P_0$ نکته تمامی فشارسنج‌ها، فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرند.
۶ کاربردهای اصل هم‌فشار بودن نقاط هم‌تراز از یک مایع ($P_A=P_B$):

لولهٔ U شکل	جوسنج (بارومتر)	فشارسنج (مانومتر)
		
$\rho_1h_1=\rho_2h_2$	$P_0=\rho gh$	$P=P_0+\rho gh$

۴ نیروی شناوری (F_b)

وزن شارهٔ جابه‌جاشده $=F_b$
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.

۵ شارهٔ در حرکت

معادلهٔ پیوستگی: $A_1v_1=A_2v_2$
◂ اصل برنولی: در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.
مثال اگر در یک لولهٔ آب، مقطع لوله کوچک‌تر شود، تندی جریان آب بیشتر و فشار آن کمتر می‌شود.

دهم فصل ۴: دما و گرما

۱ 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 ($^\circ C$) ← یکا ۲ کلوین (T) ← یکا (K) ۳ فارنهایت (F) ← یکا ($^\circ F$)

نکته $\Delta T = \Delta\theta$ ، $\Delta F = ۱/۸\Delta\theta = ۱/۸\Delta T$ ، $T = ۲۷۳ + \theta$ و $F = ۱/۸\theta + ۳۲$

◂ **دماسنج:**

۱ دماسنج‌های معیار

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

۲ 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 مایعی مانند جیوه‌ای، الکلی، بیشینه ـ کمینه

۲ انبساط گرمایی

◂ **جامدات:**

طولی (α)	سطحی (۲α)	حجمی ($\beta = ۳\alpha$)
$\Delta L = L_۱\alpha\Delta T$	$\Delta A = A_۱(۲\alpha)\Delta T$	$\Delta V = V_۱(۳\alpha)\Delta T$

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

• **تغییر چگالی:** $\rho_۲ = \rho_۱(۱ - \beta\Delta T)$

◂ **مایعات:** $\Delta V = V_۱\beta_{\text{مایع}}\Delta T$ ← انبساط ظاهری: مایع درون ظرف ← $\Delta V_{\text{ظاهری}} = \Delta V_{\text{واقعی}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = V_۱(\beta_{\text{مایع}} - ۳\alpha_{\text{ظرف}})\Delta T$

• **انبساط غیرعادی آب:** با افزایش دمای آب از صفر تا $۴^\circ C$، حجم آن کاهش می‌یابد. ← نتایج ← ۱ آب در $۴^\circ C$ بیشترین چگالی را دارد.
۲ آب از بالا شروع به یخ زدن می‌کند.

۳ گرما

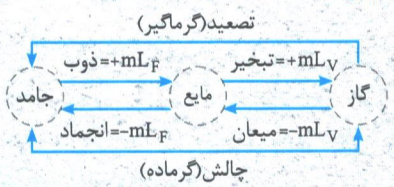
◂ **اثرات مبادلهٔ گرما:**

• **تغییر دما:** $Q = mc\Delta\theta = C\Delta\theta$ ← گرمای ویژهٔ مولی ($n = \frac{m}{M}$) ← $Q = nc_m\Delta\theta$ ← قانون دولن و پتی

برای $۱^\circ C$ افزایش دمای یک مول از هر فلزی $۲۵J$ گرما لازم است ⇐ $c_m = ۲۵\frac{J}{mol\cdot K}$

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

◂ **تغییر حالت:**



◂ **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 هوا بستگی دارد. ۳ با تبخیر سطحی، دمای مایع کاهش می‌یابد.

◂ **تغییر دما و حالت:** مراحل افزایش دما و تغییر حالت جسم را مشخص می‌کنیم. ← مرحلهٔ بعد ← مجموع گرماهای مبادله‌شده در مراحل مختلف = $Q_{\text{کل}}$

• **گرمکن برقی:** $Q = Ra\cdot Pt$ • **تعادل گرمایی:** با محیط بیرون تبادل گرمایی نداشته باشد. $\Sigma Q = ۰$

◂ **دمای تعادل:** ۱ بدون تغییر حالت: $\Sigma Q = ۰ \Rightarrow m_۱c_۱(\theta_e - \theta_۱) + m_۲c_۲(\theta_e - \theta_۲) + \cdots = ۰$ ۲ با تغییر حالت: از رابطهٔ $\Sigma Q = ۰$ استفاده می‌کنیم، فقط حواسمان باید به علامت روابط $\pm mL_F$ و $\pm mL_V$ باشد. ← اگر مجموعه گرما از دست بدهد ← $\Sigma Q = Q_{\text{خارج‌شده}}$ **نکته** $Q_{\text{خارج‌شده}}$ باید منفی باشد.

◂ **روش‌های انتقال گرما:**

۱ **همرفت:** انتقال گرما به سبب تغییر چگالی شاره در اثر تغییر دما • جریان همرفتی از پایین به بالاست. • 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.

۴ قانون گازها

• **معادلهٔ حالت:** $PV = nRT$ ← رابطه مقایسه‌ای ← $\frac{P_۲}{P_۱}\times\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{n_۲}{n_۱}\times\frac{T_۲}{T_۱}$

اگر دو گاز با هم ترکیب شوند ← $n_t = n_۱ + n_۲ \Rightarrow \frac{PV}{T} = \frac{P_۱V_۱}{T_۱} + \frac{P_۲V_۲}{T_۲}$

• **حالت‌های خاص**

یازدهم | فصل ۱: الکتریسیتهٔ ساکن

۱ مفاهیم اولیهٔ بار الکتریکی

◄ **بار بنیادی:** اندازهٔ 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.

$q = \pm ne$ ← ازدست دادن الکترون / گرفتن الکترون

۲ روش‌های باردار کردن

◄ **مالش:** با مالش دو جسم به یکدیگر، تعدادی الکترون از یکی به دیگری منتقل می‌شود. • الکترون از ماده بالاتر جدول سری الکتریسیته مالشی به مادهٔ پایین‌تر منتقل می‌شود (بار جسم بالاتر: مثبت؛ بار جسم پایین‌تر: منفی)

◄ **تماس:** تماس یک جسم باردار به یک جسم بدون بار سبب مبادلهٔ الکترون بین آن‌ها می‌شود. ← تماس دو کرهٔ رسانای مشابه $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$

◄ **القا:** جابه‌جایی بار الکتریکی درون یک جسم رسانا در اثر نیروی جاذبه یا دافعهٔ الکتریکی را القا گویند.

• جسم القاکننده و القاشونده همواره یکدیگر را جذب می‌کنند.

۳ نیروی الکتریکی بین دو جسم باردار

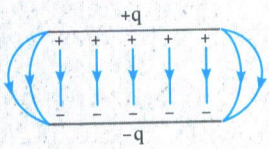
• دو بار نقطه‌ای در راستای خط واصل دو بار بر یکدیگر نیروهای هم‌اندازه و در خلاف جهت وارد می‌کنند.

• نیروی بین دو بار همنام از نوع دافعه و بین دو بار ناهمنام از نوع جاذبه است.

◄ **قانون کولن:** $F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$

۴ میدان الکتریکی

خاصیتی در اطراف بار الکتریکی که به سبب آن به بارهای اطرافش نیرو وارد می‌کند. $E = k\frac{|q|}{r^2}$



• خطوط میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند.

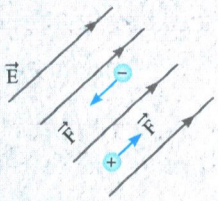
◄ **میدان یکنواخت:** میدانی که اندازه و جهت آن در تمام نقاط یکسان است.

◄ **نقطهٔ صفر شدن میدان با حضور دو بار:** ❶ **دو بار همنام:** بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر

❷ **دو بار ناهمنام:** خارج از فاصلهٔ دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر

• در این نقاط هر باری قرار دهیم نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر می‌شود.

◄ **نیروی وارد بر بار q در میدان خارجی E:**



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

۵ اختلاف پتانسیل الکتریکی

• **جابه‌جایی در جهت خطوط میدان:** کاهش پتانسیل نقاط

• **جابه‌جایی خلاف جهت خطوط میدان:** افزایش پتانسیل نقاط

• **جابه‌جایی عمود بر خطوط میدان:** عدم تغییر پتانسیل نقاط

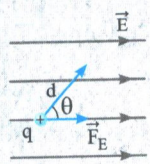
$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$

۶ انرژی پتانسیل الکتریکی

• در جابه‌جایی‌های عمود بر خطوط میدان انرژی پتانسیل بار ثابت می‌ماند.

• جابه‌جایی بار در جهتی که تمایل دارد: کاهش انرژی پتانسیل

• جابه‌جایی در خلاف جهتی که تمایل دارد: افزایش انرژی پتانسیل



$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed\cos\theta$

۷ 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 داده‌شده به جسم باقی می‌ماند.

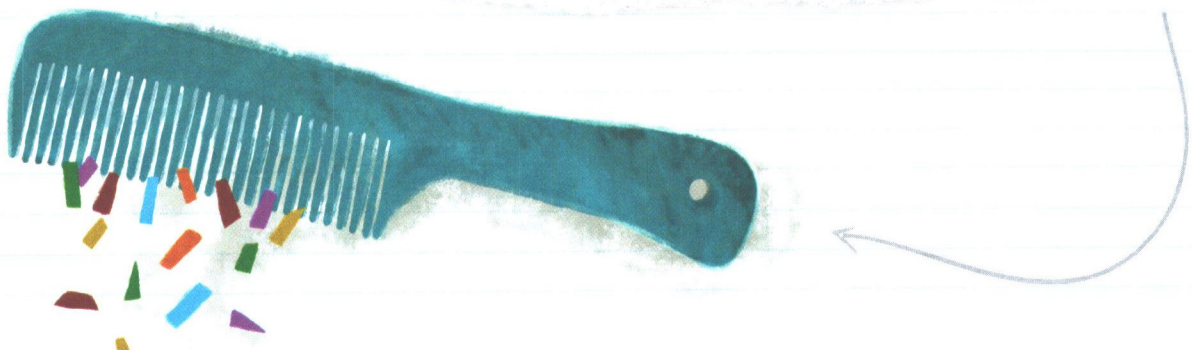
۸ خازن

◄ **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. $C = \frac{Q}{V}$

◄ **تغییر در خازن:** ❶ برای خازنی که به باتری وصل است، V همواره ثابت است. ❷ برای خازنی که پر شده و جدا از مولد است، Q همواره ثابت است.

◄ **میدان الکتریکی یکنواخت خازن:** $E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{\kappa\varepsilon_0 A}$

◄ **انرژی خازن:** $U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$



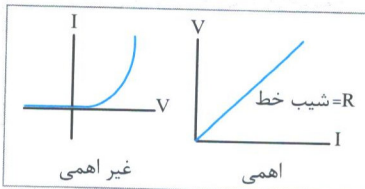
یازدهم فصل ۲: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جریان الکتریکی: $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}$ ، **آمپرساعت:** $1Ah=3600C$

۱ 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.



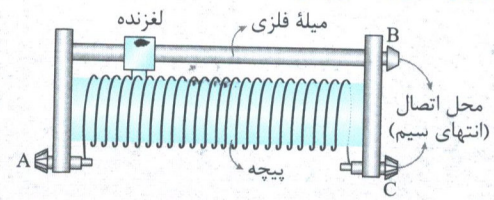
مقاومت رسانا برحسب ابعاد: $R=\rho\frac{L}{A}$ ← (اگر بدون تغییر جرم، ابعاد رسانا را تغییر دهیم) $\frac{R_2}{R_1}=(\frac{L_2}{L_1})^2=(\frac{A_1}{A_2})^2=(\frac{d_1}{d_2})^4$

نحوهٔ تغییر مقاومت ویژه (ρ) با دما:

۱ مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی، با افزایش دما، افزایش می‌یابد.

۲ مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها، با افزایش دما، کاهش می‌یابد.

رئوستا یا پتانسیومتر



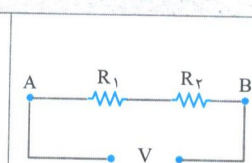
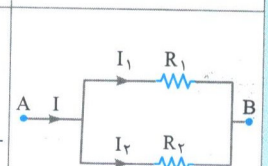
⇐ ۱ اگر دو سر A و C متصل به مدار باشد، مقاومت آن ثابت است.

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

حالت دوتایی ←		$R_{eq}=R_1+R_2$	$V_1=(\frac{R_1}{R_1+R_2})V$ $V_2=(\frac{R_2}{R_1+R_2})V$	$\frac{P_2}{P_1}=\frac{V_2}{V_1}=\frac{R_2}{R_1}$
		$R_{eq}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$	$I_2=(\frac{R_1}{R_1+R_2})I$ $I_1=(\frac{R_2}{R_1+R_2})I$	$\frac{P_2}{P_1}=\frac{I_2}{I_1}=\frac{R_1}{R_2}$

نکته

۱ مقاومت‌ها به هر شکلی که به هم متصل شده باشند، با افزایش یکی از مقاومت‌ها، مقاومت معادل افزایش می‌یابد.

۲ اگر یک مقاومت به‌صورت موازی به مجموعهٔ مقاومت‌ها افزوده شود، مقاومت معادل کاهش می‌یابد.

۳ اگر یک مقاومت به‌صورت سری به مجموعهٔ مقاومت‌ها افزوده شود، مقاومت معادل افزایش می‌یابد.

۲ مولد (باتری)

شکل مداری ← a I ℰ r b ← ولتاژ دو سر باتری ← $V_{مولد} = \mathcal{E} - rI$ ← نمودار ← I، $\frac{\mathcal{E}}{r}$، ℰ، $V_{مولد}$، شیب $= -r$

نکته با افزایش جریان، مولد V کاهش می‌یابد.

۳ وسایل اندازه‌گیری

۱ آمپرسنج ایده‌آل $(R_A = 0)$ ۲ ولت‌سنج ایده‌آل $(R_V = \infty)$

نکته

۱ اگر آمپرسنج موازی با مقاومت بسته شود، مقاومت اتصال کوتاه می‌شود.

۲ جریان در شاخهٔ ولت‌سنج صفر است.

۴ مدار تک‌حلقه

شکل ← I ← جریان مدار ← $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq} + r}$

R_{eq}، I، ℰ، r، I

نکته اگر بیش از یک مقاومت به باتری وصل شده باشد، 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 می‌شود.

۵ توان (P)

• توان هر وسیلهٔ برقی: $P = VI$

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

• توان خروجی باتری: $P_{خروجی} = \mathcal{E}I - rI^2$

نکته

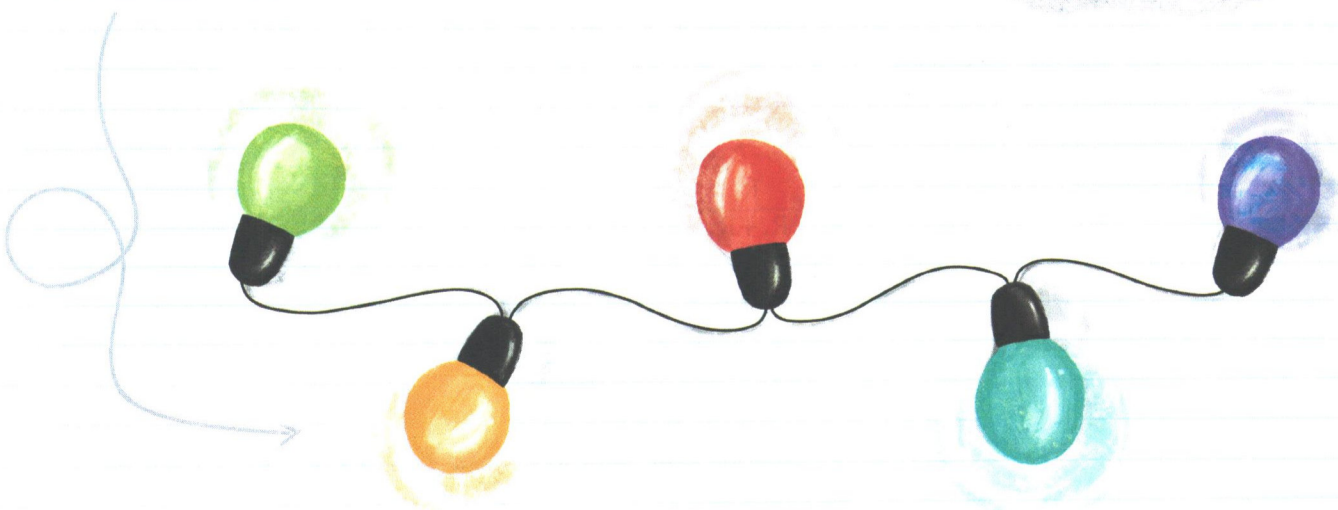
۱ توان خروجی مولد با توان مصرفی در مقاومت معادل متصل به مولد برابر است.

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

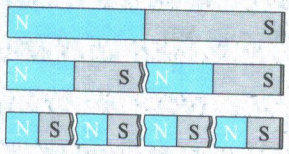
۳ شرط حداکثر شدن توان خروجی مولد: $R_{eq} = r$

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

۵ در رابطهٔ توان خروجی باتری، $\mathcal{E}I$ توان تولیدی و rI^2 توان تلف‌شده در باتری است.



۱ آهنربا



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

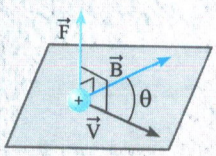
۲ القای مغناطیسی

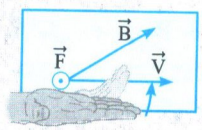
ایجاد خاصیت مغناطیسی در یک تیغهٔ آهنی با نزدیک کردن آهنربا به تیغه که همواره به صورت جاذبه است (قطب‌های غیرهمنام در کنار یکدیگر پدید می‌آیند).

۳ میدان مغناطیسی

◄ **میدان مغناطیسی زمین:** جهت میدان مغناطیسی زمین موازی سطح زمین و از جنوب به شمال است. (به جز قطب‌ها)
◄ **شیب مغناطیسی:** زاویه‌ای که راستای آهنربای میله‌ای سبک (عقربه مغناطیسی) آویزان‌شده با افق می‌سازد.
◄ **میدان مغناطیسی یکنواخت:** خطوط میدان مغناطیسی هم‌جهت، موازی و به فاصلهٔ یکسان از یکدیگرند.
◄ **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 بر خطوط میدان و هم‌جهت با آن است.

۴ نیروی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک



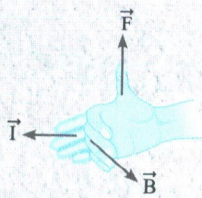


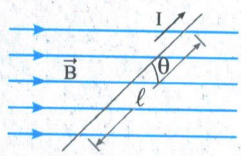
نیرویی که به واسطهٔ حرکت ذرهٔ باردار در میدان مغناطیسی بر آن وارد می‌شود. $F = |q| vB\sin\theta$

۵ تعیین جهت

◄ **بار مثبت:** چهار انگشت در جهت v، جهت خم شدن انگشتان در جهت B، انگشت شست جهت F را نشان می‌دهد.
◄ **بار منفی:** **روش ۱:** استفاده از دست چپ به جای دست راست
روش ۲: معکوس کردن جهت F به دست آمده از دست راست

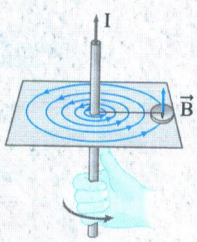
۶ نیروی وارد بر سیم حامل جریان





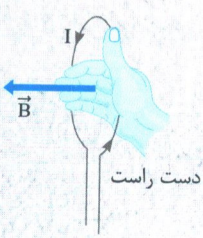
بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود. $F = I\ell B\sin\theta$
چهار انگشت در جهت I، جهت خم شدن انگشتان در جهت B، انگشت شست جهت F را نشان می‌دهد.
دو سیم موازی با جریان‌های هم‌جهت یکدیگر را جذب و با جریان‌های خلاف جهت یکدیگر را دفع می‌کنند.

۷ میدان مغناطیسی اطراف سیم بلند حامل جریان



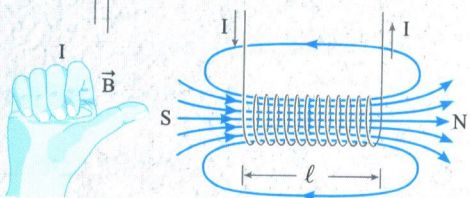
عبور جریان از یک سیم در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند که به صورت دایره‌های هم‌مرکز اطراف سیم هستند.
سیم را طوری در دست راست می‌گیریم که انگشت شست در جهت جریان باشد، جهت خم شدن انگشتان همان جهت میدان مغناطیسی است.

۸ میدان حاصل از حلقهٔ حامل جریان



حلقه حامل جریان I با شعاع R در اطراف خود میدان مغناطیسی B ایجاد می‌کند.
❶ جهت میدان در داخل و بیرون قرینه هم است.
❷ اندازهٔ میدان در داخل حلقه بزرگ‌تر از بیرون است.
حلقه را طوری در دست راست خود می‌گیریم که انگشت شست در جهت جریان باشد، جهت چرخش انگشتان جهت میدان را نشان می‌دهند.

۹ میدان حاصل از سیملولهٔ حامل جریان



❶ میدان داخل سیملوله یکنواخت و از میدان بیرون آن قوی‌تر است.
❷ جهت خطوط میدان داخل و بیرون آن قرینهٔ یکدیگرند.
❸ سیملوله شبیه آهنربای میله‌ای با دو قطب N و S عمل می‌کند.
اگر چهار انگشت دست راست جهت جریان را دنبال کنند، انگشت شست جهت میدان را نشان می‌دهد.

۱۰ میدان یکنواخت سیملولهٔ آرمانی

میدان حاصل از سیملولهٔ آرمانی شامل N دور به طول ℓ حامل جریان I: $B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$

۱۱ ویژگی‌های مغناطیسی مواد

• دارای دوقطبی مغناطیسی
ذاتاً حوزه مغناطیسی دارند ← مواد فرومغناطیس ← فرومغناطیس نرم و فرومغناطیس سخت
حوزهٔ مغناطیسی ندارند ← مواد پارامغناطیس
• ذاتاً دوقطبی مغناطیسی ندارند ← مواد دیامغناطیس

القای الکترومغناطیسی

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

۱ قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

نیروی محرکهٔ القایی متوسط ← $\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ← نیروی محرکهٔ القایی متوسط برحسب آهنگ تغییر هریک از کمیت‌ها

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

جریان القایی متوسط ← $\bar{I} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} = \frac{-N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ← بار شارش‌شده $\Delta q = \frac{-N}{R}\Delta\Phi$

خط افقی	خط غیرافقی $(a \neq 0)$	
$a = 0$	$a > 0$	$a < 0$
نیروی محرکه القا نمی‌شود.	$\mathcal{E}$: ثابت و منفی	$\mathcal{E}$: ثابت و مثبت

← اگر نمودار شار - زمان خطی باشد $\Phi = at + b$

$\mathcal{E} > 0$ ← نمودار $\Phi - t$	نزولی
$\mathcal{E} < 0$ ← نمودار $\Phi - t$	صعودی

۲ قانون لنز

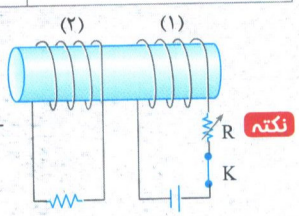
بررسی نحوهٔ تغییر شار ←

کاهش ← القایی B هم‌جهت اصلی B ← تعیین جهت القایی I با قاعدهٔ دست راست	
افزایش ← القایی B خلاف جهت اصلی B ← تعیین جهت القایی I با قاعدهٔ دست راست	

اثر متقابل قطب‌های N و S ←

در حال نزدیک‌شدن ← ایجاد نیروی دافعه ← ایجاد قطب همنام در سمت آهنربا ← تعیین جهت القایی I
در حال دورشدن ← ایجاد نیروی جاذبه ← ایجاد قطب ناهمنام در سمت آهنربا ← تعیین جهت القایی I

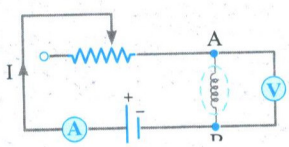
نکته



تعیین جهت القایی I پیچهٔ (۲) ←

بسته شدن کلید، کاهش R، نزدیک‌شدن دو سیم‌پیچ	باز شدن کلید، افزایش R، دورشدن دو سیم‌پیچ
شار در حال افزایش ← ایجاد نیروی دافعه	شار در حال کاهش ← ایجاد نیروی جاذبه

۳ 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 به وجود نمی‌آید.

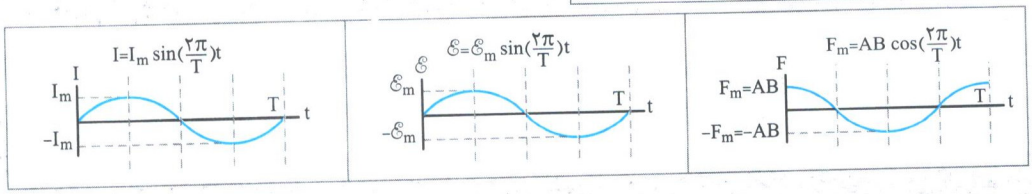
انرژی ذخیره‌شده در القاگر ← $U = \frac{1}{2}LI^2$

جریان	افزایش	کاهش	ثابت
انرژی ذخیره‌شده در القاگر	افزایش	کاهش	ثابت
نتیجه	القاگر در حال دریافت انرژی	القاگر در حال تحویل انرژی	انرژی نه وارد می‌شود نه خارج

اگر جریان به شکل $I = I_m \sin\omega t$ باشد. ← $I_{max} = \frac{1}{2}LI_m^2$

۴ جریان متناوب

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



نکته ← $I_m = \frac{\mathcal{E}_m}{R}$

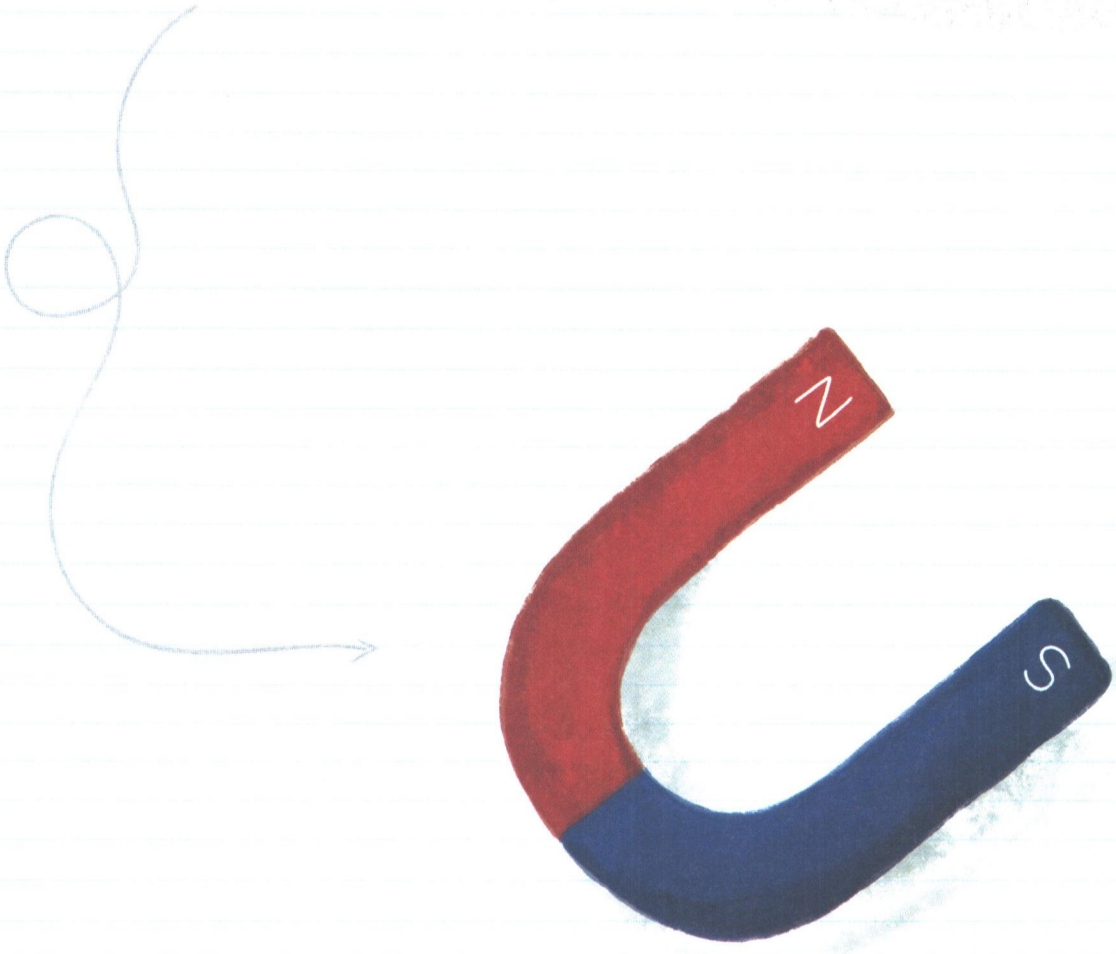
نکته

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)



دوازدهم فصل ۱: حرکت بر خط راست

۱ مفاهیم اولیه

۱ مبدأ مکان: به نقطهٔ $x=0$ گفته می‌شود.
۲ جابه‌جایی $(\vec{d})$: برداری است که مکان اولیهٔ جسم را به مکان ثانویهٔ آن وصل می‌کند.
۳ مسافت (ℓ): طول مسیر حرکت را می‌گویند.

نکته ۱ جابه‌جایی در یک بعد: $d=\Delta x$
۲ جابه‌جایی برداری و مسافت نرده‌ای است.
۳ همواره داریم: $|\vec{d}| \le \ell$

◂ پارامترهای حرکت:

۱ تندی متوسط: $s_{av}=\frac{\ell}{\Delta t}$
۲ سرعت متوسط: $v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$
۳ شتاب متوسط: $a_{av}=\frac{\Delta v}{\Delta t}$

نکته ۱ همواره داریم: $|v_{av}| \le s_{av}$
۲ اگر متحرک فقط روی خط راست و در یک جهت حرکت کند، $|v_{av}|=s_{av}$ است.
۳ تندی لحظه‌ای برابر با بزرگی سرعت لحظه‌ای است.

◂ نوع حرکت:

۱ تندشونده: $av>0$
۲ کندشونده: $av<0$
۳ یکنواخت: ثابت $=v$

نکته حرکتی که از حال سکون شروع شود، تندشونده و حرکتی که به سکون ختم شود، کندشونده است.

۲ نمودارهای حرکت

◂ مکان ـ زمان:

۱ سرعت لحظه‌ای: شیب خط مماس $=v$ ۲ سرعت متوسط: شیب خط واصل بین دو نقطه $=v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ ۳ نمودار صعودی $\Leftrightarrow v>0$ ، نمودار نزولی $\Leftrightarrow v<0$ ۴ در قله و قعر نمودار، سرعت صفر شده و متحرک تغییر جهت می‌دهد.

◂ سرعت ـ زمان:

۱ شتاب لحظه‌ای: شیب خط مماس $=a$ ۲ شتاب متوسط: شیب خط واصل بین دو نقطه $=a_{av}=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ ۳ نمودار صعودی $\Leftrightarrow a>0$ ، نمودار نزولی $\Leftrightarrow a<0$ ۴ در قله و قعر نمودار، شتاب صفر شده و نیروی خالص تغییر جهت می‌دهد. ۵ در لحظاتی که نمودار محور t را قطع کرده و از آن عبور می‌کند، متحرک تغییر جهت می‌دهد. ۶ در زمان‌هایی که نمودار در حال دور شدن از محور t باشد، حرکت تندشونده و در لحظاتی که به محور t نزدیک می‌شود، حرکت کندشونده است. ۷ مساحت زیر نمودار برابر با جابه‌جایی (Δx) است که اگر نمودار بالای محور t باشد، $\Delta x>0$ و اگر نمودار پایین محور t باشد، $\Delta x<0$ است.

◂ شتاب ـ زمان:

مساحت زیر نمودار برابر با تغییرات سرعت (Δv) است که اگر نمودار بالای محور t باشد، $\Delta v>0$ و اگر نمودار پایین محور t باشد، $\Delta v<0$ است.

۳ حرکت با سرعت ثابت

اندازه و جهت سرعت همواره ثابت است. ← معادلهٔ حرکت $x=vt+x_0$ **نکته** نمودار $x-t$ خطی است و شیب آن برابر با v است.

۴ حرکت با شتاب ثابت

◂ معادلات حرکت: ۱ $v=at+v_0$ ۲ $x=\frac{1}{2}at^2+v_0t+x_0$

◂ نمودارها: ۱ نمودار $x-t$ یک سهمی است که اگر $a>0$ باشد، سهمی رو به بالا و اگر $a<0$ باشد، سهمی رو به پایین است. ۲ نمودار $v-t$ خطی است که شیب این خط برابر با a است. **نکته** در حرکت با شتاب ثابت، تمام ویژگی‌های حرکت نسبت به لحظهٔ سکون متحرک (نقطهٔ رأس سهمی) متقارن است.

◂ فرمول‌های حرکت:

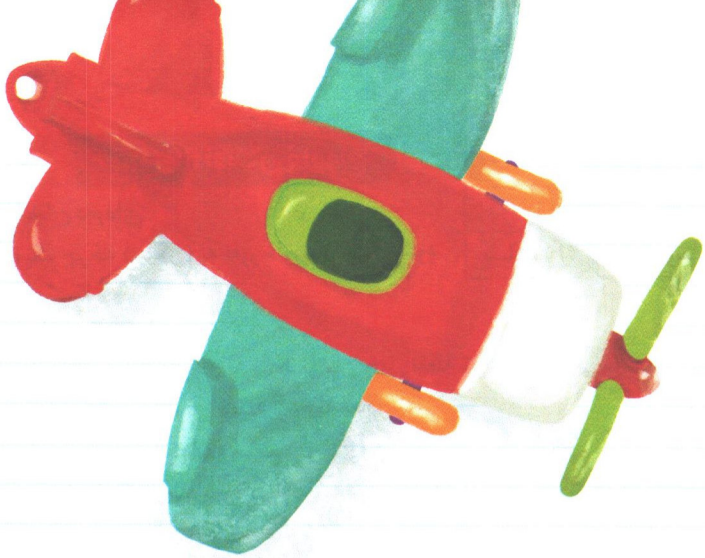
۱ $v_{av}=\frac{v_1+v_2}{2}$ ۲ $\Delta x=(\frac{v_1+v_2}{2})t$ ۳ $v_2^2-v_1^2=2a\Delta x$ ۴ $\Delta x=\frac{1}{2}at^2+v_1t$ ۵ $\Delta x=-\frac{1}{2}at^2+v_2t$

◂ تصاعد

۱ جابه‌جایی در ثانیهٔ nاُم: $\Delta x_n=(n-0/5)a+v_0$ ۲ جابه‌جایی در T ثانیهٔ nاُم: $\Delta x_{T_n}=(n-0/5)aT^2+v_0T$

◂ ترمز با شتاب ثابت:

۱ مسافت توقف یا خط ترمز: $\Delta x_s=\frac{v_0^2}{2|a|}$ ۲ زمان توقف: $t_s=|\frac{v_0}{a}|$



◂ **قانون اول:** اگر $F_{net} = 0$ باشد، جسم تمایل به حفظ حالتش دارد. (لختی)

◂ **قانون دوم:** $\vec{F}_{net} = m\vec{a}$ نیروی خالص $= F_{net}$ $\quad F_{net} = (\text{مجموع نیروهای موافق حرکت}) - (\text{مجموع نیروهای مخالف حرکت})$

◂ **قانون سوم:** $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$

نکته

۱ $F_{net} = 0 \Leftrightarrow a = 0$

۲ $\vec{F}_{net}$ و $\vec{a}$ همیشه هم‌جهت هستند.

◂ **وزن (W)**

۱ $W = mg$ ۲ نیروی وزن همواره به سمت مرکز زمین است. ۳ جرم جسم همیشه ثابت است، اما وزن آن در شرایط مختلف، تغییر می‌کند. ۴ واکنش نیروی وزن به مرکز کرهٔ زمین وارد می‌شود.

◂ **مقاومت شاره (f_D)**

۱ نیرویی است که شاره در خلاف جهت حرکت جسم بر جسم وارد می کند. ۲ به بزرگی جسم و تندی آن بستگی دارد. (تندی بیشتر ← مقاومت شارهٔ بیشتر)

• تندی حدی: بیشینهٔ تندی سقوط جسم در هوا را تندی حدی می‌گویند که در این حالت $f_D = mg$ است.

نمودار تندی سقوط جسم در هوا ←

◂ **کشش نخ (T):**

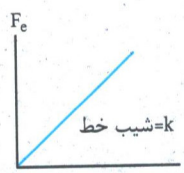
۱ کشش نخ در تمام نقاط یک نخ یا طناب بدون جرم ثابت است. ۲ جهت کشش، همواره به سمت مرکز نخ است.

◂ **کشسانی فنر (F_e):**

$F_e = kx$

تغییر طول فنر ↓ ثابت فنر ↓

نمودار ←



◂ **عمودی سطح (F_N):**

از سطح، عمود بر جسم اثر می‌کند. اگر جسم بدون وجود نیروی خارجی روی سطح افقی، ساکن باشد، $F_N = mg$ است. در غیر این‌صورت باید محاسبه شود.

محاسبهٔ F_N ←

۱ شتاب (a) رو به بالا باشد: $F_N = m(g+a)$ ۲ شتاب (a) رو به پایین باشد: $F_N = m(g-a)$

نکته a اندازهٔ شتاب آسانسور است.

آسانسور ←

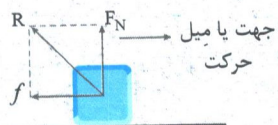
◂ **اصطکاک (f):**

جسم ساکن	f_s	فرمول خاصی ندارد و فقط می‌توان نوشت: محرک $f_s = F$
در آستانهٔ حرکت	$f_{s,max}$	محرک $f_{s,max} = \mu_s F_N = F$
جسم متحرک	f_k	$f_k = \mu_k F_N$

◂ **نیروی سطح (R):**

برایند دو نیروی اصطکاک و عمودی سطح است:

$R = \sqrt{F_N^2 + f^2}$



◂ **نیروی گرانشی:**

$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ ← شتاب گرانشی در سطح زمین

$g = \frac{GM_e}{R_e^2}$ ← شتاب گرانشی در فاصلهٔ h از سطح زمین

$g' = \frac{GM_e}{(R_e+h)^2}$

◂ **تعادل:**

اگر جسم ساکن باشد ⇐ $\vec{a} = 0 \Leftarrow \vec{F}_{net} = 0$

درنتیجه ← $F_{net_x} = 0$, $F_{net_y} = 0$

۱ $\vec{p} = m\vec{v}$ ← حالت یک‌بعدی $p = mv$ ۲ رابطهٔ تکانه با انرژی جنبشی: $K = \frac{p^2}{2m} = \frac{pv}{2}$ ۳ تغییر تکانه: $\Delta p = m\Delta v$ (حواسمان به جهت v باشد)

نکته مساحت زیر نمودار نیروی خالص برحسب زمان، برابر با Δp است.

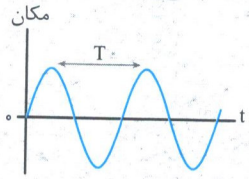
۱ نوسان دوره‌ای

تعریف: یک چرخه (سیکل) به طور منظم تکرار می‌شود.

دوره (T)	مدت زمان یک چرخه
بسامد (f)	تعداد نوسان‌ها در یک ثانیه

$T = \frac{t}{n}$, $f = \frac{n}{t}$ ← اگر n نوسان در t ثانیه انجام شود

به صورت رفت و برگشت روی پاره‌خط نوسان حول نقطهٔ تعادل انجام می‌شود.

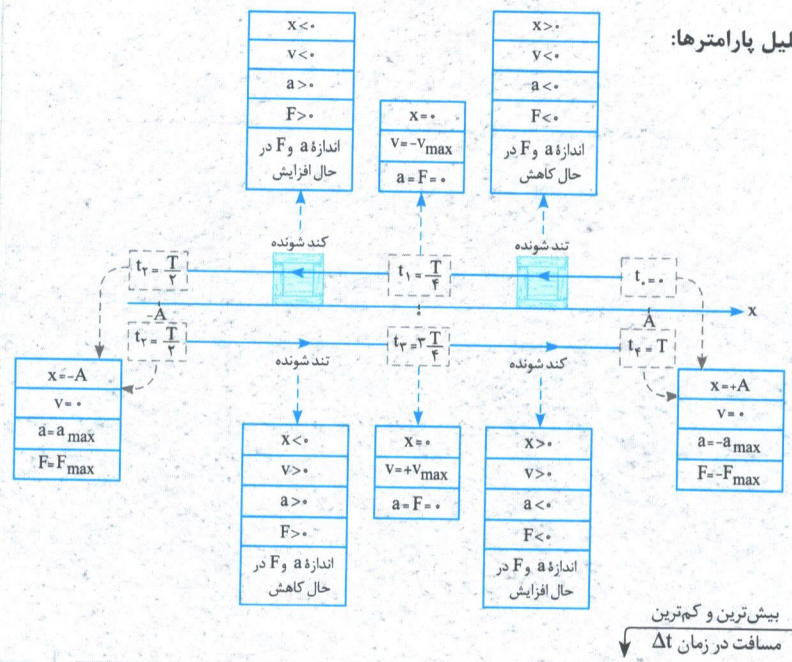


نکات
- دامنه(A): بیشترین فاصله از نقطهٔ تعادل
- پاره‌خط نوسان دو برابر دامنه است.
- در هر نوسان کامل دو بار پاره‌خط نوسان طی می‌شود.
- $F = -kx$ علامت F و a قرینهٔ علامت x است.

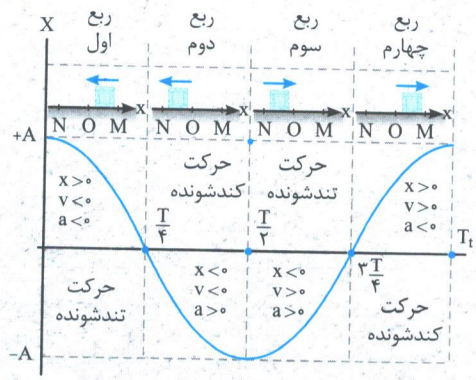
$v_{max} = A\omega$	$a_{max} = A\omega^2$	$F_{max} = mA\omega^2$

← کمیت‌های بیشینه

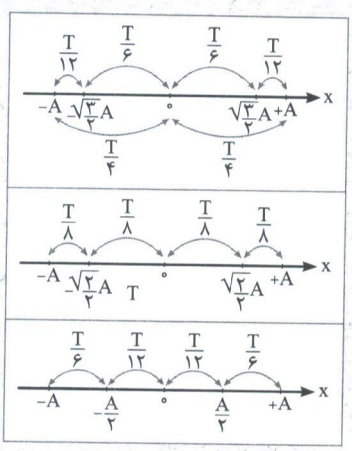
تحلیل پارامترها:



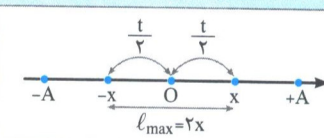
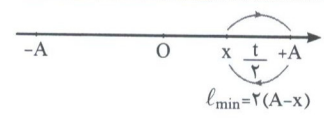
◄ **معادله و نمودار مکان - زمان:**



فاصلهٔ زمانی بین نقاط خاص



بیش‌ترین و کم‌ترین مسافت در زمان Δt ←

بیش‌ترین مسافت	کم‌ترین مسافت
	
$\ell_{max} = ۲x$	$\ell_{min} = ۲(A-x)$

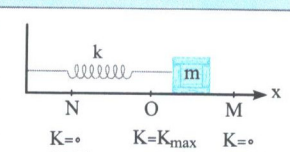
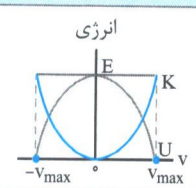
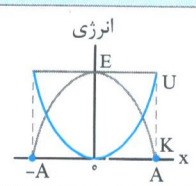
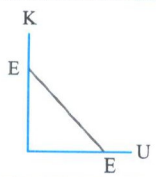
انرژی

$$E = U_{max} = K_{max} = \frac{۱}{۲}kA^۲ = \frac{۱}{۲}mv_{max}^۲ = \frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲$$

نکته

$\frac{K}{E} = (\frac{v}{v_{max}})^۲$	$\frac{U}{E} = ۱ - (\frac{v}{v_{max}})^۲$

نوسانگر جرم و فنر	آونگ ساده
$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \rightarrow T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
دوره به دامنه بستگی ندارد.	دوره به جرم گلولهٔ آونگ و دامنه بستگی ندارد.

نقاط خاص	انرژی - سرعت	انرژی - مکان	K-U
			
K=۰ U=Umax / K=Kmax U=۰ / K=۰ U=Umax	انرژی E K U v -vmax vmax	انرژی E U K x -A A	K E U E U

بسامد طبیعی ($f_۰$)	بسامد نوسان بدون نیروی خارجی
بسامد واداشته (f_d)	بسامد نوسان با نیروی خارجی

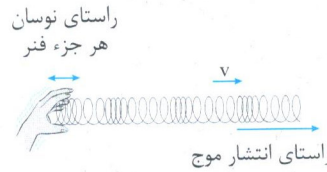
شرط تشدید ←

اگر $f_d = f_۰$ باشد، بیش‌ترین انرژی به وسانگر منتقل شده و نوسانگر با حداکثر دامنه نوسان می‌کند.

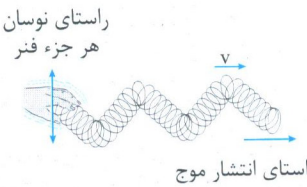
۳ موج

◄ **دسته‌بندی (۱)**

الف) موج طولی: راستای نوسان ذرات در جهت انتشار موج است.



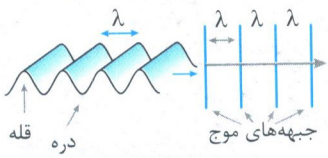
ب) موج عرضی: راستای ارتعاش ذرات عمود بر راستای انتشار موج است.



• موج حرکت می‌کند، نه ماده‌ای (مانند فنر) که موج در آن پیشروی می‌کند.

◄ **دسته‌بندی (۲): الف) مکانیکی:** برای انتشار به محیط مادی نیاز دارد. **مثال** موج‌های روی سطح آب و موج‌های صوتی **ب) الکترومغناطیسی:** برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارد (در خلأ منتشر می‌شود). **مثال** موج‌های رادیویی، تلویزیونی، نور مرئی، میکروموج

◄ **مشخصه‌های موج:** • **جبههٔ موج:** برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های ایجادشده در محیط انتشار موج



• **طول‌موج (λ):** فاصلهٔ بین دو برآمدگی یا دو فرورفتگی مجاور

• **دامنه (A):** بیشینهٔ فاصلهٔ یک ذره از مکان تعادل

• **دورهٔ تناوب (T):** مدت زمانی که هر ذرهٔ محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد. • **بسامد (f):** تعداد نوسان‌های انجام‌شده توسط هر ذرهٔ محیط در یک ثانیه

• **تندی انتشار (v):** $v = \frac{L}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$

◄ **موج عرضی:**

• **موج سینوسی:** در مدت یک دوره، موج یک λ پیشروی می‌کند و هر ذره یک نوسان کامل انجام می‌دهد. رابطهٔ پیشروی موج در مدت Δt: $\frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{\Delta t}{T}$

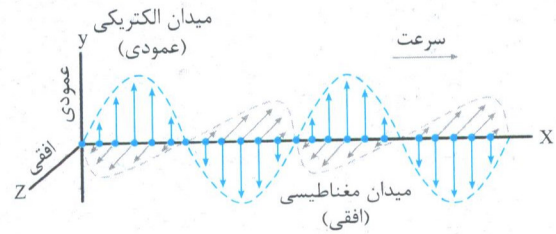
تندی ذرات مستقل از تندی انتشار موج و بیشینهٔ آن برابر است با: $v_{max} = A\omega$

• **تندی انتشار موج عرضی طناب:** تندی انتشار فقط به محیط انتشار موج بستگی دارد. بسامد و دوره فقط به چشمهٔ موج بستگی دارند.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{FL}{m}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \Rightarrow v = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{F}{\pi\rho}}$$

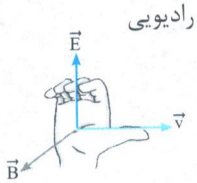
• **آهنگ متوسط انتقال انرژی:** $\bar{P} \propto A^2 \times f^2 \Rightarrow \frac{\bar{P}_2}{\bar{P}_1} = (\frac{A_2}{A_1} \times \frac{f_2}{f_1})^2$

• **امواج الکترومغناطیسی:** لزوماً ناشی از تغییرات همزمان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و رابطهٔ متقابل بین آن‌هاست.



• **طیف امواج الکترومغناطیسی به ترتیب بیشترین بسامد:**

گاما > ایکس > فرابنفش > فروسرخ > میکروموج > رادیویی



• **تندی انتشار در خلأ:** $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = (\varepsilon_0 \mu_0)^{-\frac{1}{2}}$

• **تعیین جهت انتشار (قاعدهٔ دست راست):**

نکته $\vec{E}$ همواره عمود بر $\vec{B}$ و هر دو عمود بر جهت حرکت هستند (موج الکترومغناطیسی عرضی است) و هر دو با بسامد یکسان و همگام تغییر می‌کنند.

◄ **موج طولی:** • **طول‌موج:** فاصلهٔ بین دو تراکم یا دو انبساط متوالی (برای فنر: بازشدگی یا جمع‌شدگی) **نکته** فاصلهٔ تراکم و انبساط متوالی $\frac{\lambda}{2}$ است.

دامنه: بیشینهٔ جابه‌جایی از مکان تعادل است. • **تندی انتشار (v):** $v = \frac{L}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$ در محیط جامد: تندی انتشار امواج عرضی < تندی انتشار امواج طولی

◄ **موج صوتی:** • **ادراک شنوایی:** تُن: صوت حاصل از چشمه‌های صوت با نوسان هماهنگ ساده

بلندی	ارتفاع
شدتی که گوش انسان درک می‌کند.	بسامدی که گوش انسان درک می‌کند.

• **تراز شدت صوت (β):** $\beta = 10\log\frac{I}{I_0}$ ، $\Delta\beta = 10\log\frac{I_2}{I_1}$

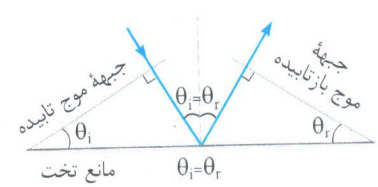
• **شدت صوت (I):** $I = \frac{E}{At} = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = (\frac{r_1}{r_2} \times \frac{f_2}{f_1} \times \frac{A_2}{A_1})^2$

اثر دوپلر: • اگر چشمهٔ صوت و شنونده در حال نزدیک‌شدن به هم باشند، بسامد صوت دریافتی افزایش می‌یابد. اگر در حال دورشدن باشند، بسامد صوت دریافتی کاهش می‌یابد. **نکته** طول‌موج صوت فقط در حالتی تغییر می‌کند که چشمهٔ صوت حرکت کند و در این حالت، طول‌موج در جلوی چشمه کاهش و در پشت چشمه افزایش می‌یابد.

برهم‌کنش‌های موج

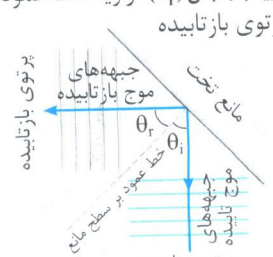
۱ بازتاب موج

• **قانون بازتاب عمومی:** برای هر وضعیت مانع و همهٔ انواع موج، همواره داریم: $\theta_i = \theta_r$

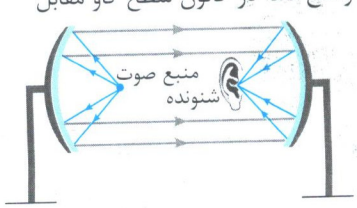


• **زاویهٔ تابش (θ_i):** زاویهٔ خط عمود و پرتوی تابیده

• **زاویهٔ بازتابش (θ_r):** زاویهٔ خط عمود و پرتوی بازتابیده

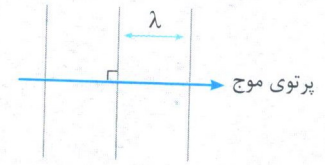


• **موج مکانیکی:** بازتاب امواج صوتی از یک سطح کاو و شنیدن واضح صدا در کانون سطح کاو مقابل



• **زاویهٔ تابش (θ_i):** زاویهٔ خط عمود و پرتوی تابیده

• **پرتوی موج:** پیکان مستقیمی عمود بر جبهه‌های موج

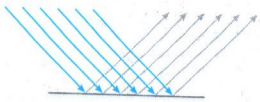


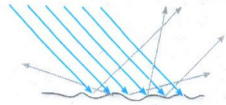
• **پژواک:** به صوتی که پس از بازتاب با یک تأخیر زمانی به گوش شنونده‌ای که صدای مستقیم را شنیده می‌رسد، پژواک گویند. • حداقل تأخیر زمانی برای تمیز صوت اولیه و پژواک ۰/۱ ثانیه است.

• **مکان‌یابی پژواکی:** تعیین مکان یک جسم بر اساس امواج صوتی بازتابیده از آن

• **کاربرد:** خفاش، دلفین، وال عنبر، سونوگرافی، دستگاه سونار در کشتی

• **موج الکترومغناطیسی:**

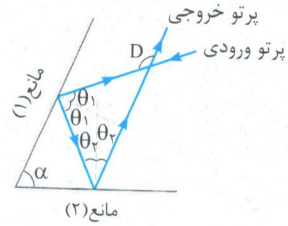

بازتاب منظم(سطح هموار)

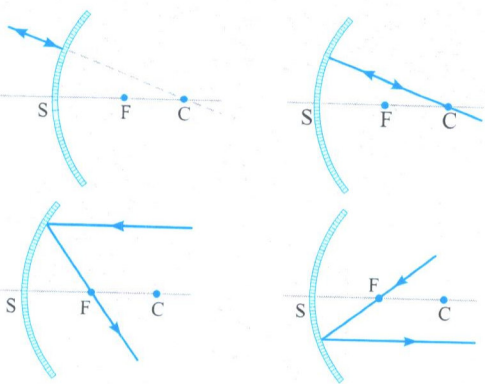

بازتاب نامنظم(سطح ناهموار)

• زاویهٔ انحراف پرتوی خروجی نسبت به پرتوی ورودی (پس از یک برخورد با هر آینه):

$$0 < \alpha \leq 90 \rightarrow D = 2\alpha$$

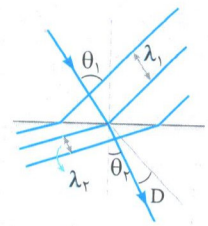
$$90 \leq \alpha < 180 \rightarrow D = 2(180 - \alpha)$$





۲ شکست موج

قانون شکست عمومی: $\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$

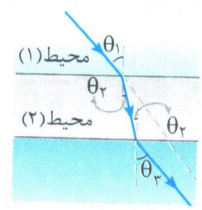


همواره $f_1 = f_2$ است.

زاویهٔ انحراف: $D = |\theta_2 - \theta_1|$

عبور نور از محیط‌های متوالی موازی:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 = n_3 \sin\theta_3 = \cdots$$



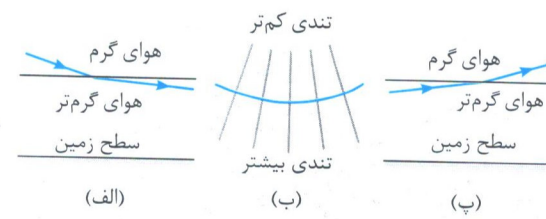
• اگر محیط اول و آخر یکسان باشد، پرتوی ورودی و خروجی موازی خواهند بود.

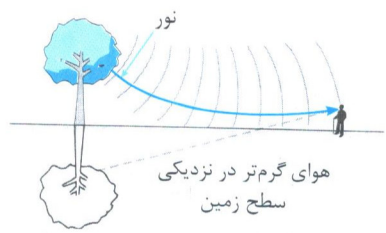
• **سراب:**

• تصور دیدن آبگیر در روزهای گرم سال

• دلیل: شکست امواج نوری به دلیل کاهش چگالی و ضریب شکست هوا با افزایش دما (گرمتر بودن لایه‌های نزدیک زمین)

• انتهای پایین جبهه‌های موج در هوای گرمتر سریعتر حرکت می‌کنند.

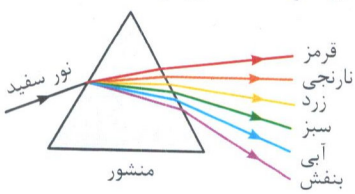




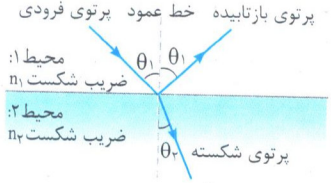
۳ الکترومغناطیس

• **پاشندگی نور:** پرتو هنگام عبور از مرز دو محیط در زاویه‌های مختلفی شکسته می‌شود که به این پدیده پاشندگی نور گویند.

• ضریب شکست هر محیطی به جز خلأ به طول‌موج نور بستگی دارد. • ضریب شکست یک محیط معین برای طول‌موج‌های کوتاه‌تر بیشتر است. (بیشتر شکسته می‌شوند)



$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2}$$



• **ضریب شکست:**

$$n = \frac{\text{تندی نور در خلأ}}{\text{تندی نور در یک محیط}} = \frac{c}{v}$$

دوازدهم فصل ۴: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

۱ فوتون
موج الکترومغناطیسی با بسامد f به‌صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی است که هر بسته را فوتون می‌گویند.

۱ انرژی فوتون: $E = hf = h\frac{c}{\lambda}$ ۲ انرژی موج الکترومغناطیسی: $E = nhf = nh\frac{c}{\lambda}$ ۳ توان تابشی نور تکفام: $P = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t}$

۲ اثر فوتوالکتریک
جداشدن الکترون از سطح فلز در اثر تابیدن نور با بسامد مناسب. **تعریف:** الکترون‌های جداشده را فوتوالکترون گویند.

۳ طیف‌های اتمی
۱ **گسیلی پیوسته:** گستره‌ای پیوسته از طول‌موج‌ها؛ تابش گرمایی جامدات و مایعات ملتهب
۲ **گسیلی خطی:** صفحه‌ای تیره با خطوط رنگی (نشان‌دهندهٔ طول‌موج‌های گسیلی)؛ تابش گرمایی گازهای رقیق کم‌فشار
۳ **جذبی خطی:** صفحه‌ای رنگی با خطوط تاریک (نشان‌دهندهٔ طول‌موج‌های جذب‌شده)؛ عبور نور سفید از گاز یک عنصر

نکته ۱ طول‌موج‌های جذبی دقیقاً همان طول‌موج‌های گسیلی هنگام برانگیختگی عنصر هستند. ۲ طیف گسیلی خطی و طیف جذبی خطی برای اتم‌های گاز هر عنصر منحصر به فرد است و می‌توان از آن برای تشخیص نوع گاز استفاده کرد.

◂ **خطوط فرانهوفر:** خطوط تاریک مشاهده‌شده در طیف جذبی خورشید که مربوط به طول‌موج‌های جذب‌شده توسط گازهای جو خورشید و زمین هستند.

۴ طول‌موج‌های گسیلی هیدروژن اتمی
رابطهٔ ریدبرگ: $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2})$ براساس شمارهٔ مدار مقصد (n') یکی از رشته‌های طیف اتمی هیدروژن (لیمان، بالمر، پاشن، براکت، پفوند) به‌دست می‌آید. برای بلندترین طول‌موج (کم‌ترین بسامد): $n = n' + 1$
برای کوتاه‌ترین طول‌موج (بیشترین بسامد): $n = \infty$

۵ مدل‌های اتمی
◂ **تامسون: مدل کیک کشمشی:** اتم کره‌ای با بار مثبت است و الکترون‌ها مانند کشمش‌های کیک در آن پخش شده‌اند.
نارسایی ← ۱ عدم توجیه بسامد تابش‌های گسیل‌شده از اتم ۲ عدم توجیه آزمایش پراکندگی رادرفورد

◂ **رادرفورد:** مدل اتم هسته‌ای: اتم دارای هسته‌ای بسیار چگال و کوچک با بار مثبت است که الکترون‌ها در فاصلهٔ دور اطراف آن قرار گرفته‌اند. ← نارسایی
۱ عدم توجیه پایداری اتم ۲ عدم توجیه طیف گسیلی خطی

◂ **بور:** ۱ مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند ← شعاع مدارهای الکترون $r_n = a_0 n^2$

← تراز های انرژی الکترون $E_n = \frac{-13/6eV}{n^2}$ ← انرژی یونش $\frac{E_R}{n^2}$ = انرژی یونش

۲ الکترون در مدارهای مجاز (مدار مانا) هیچ نوع تابشی گسیل نمی‌کند.
۳ الکترون از مدار مانا با انرژی E_U به مدار مانا با انرژی E_L رفته و فوتون گسیل می‌کند. $E_U - E_L = hf$

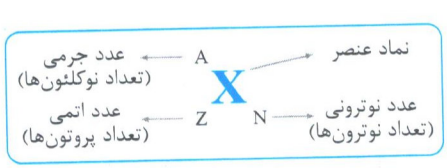
۶ لیزر
◂ **انواع گسیل فوتون:** ۱ خودبه‌خودی: گذار عادی الکترون از تراز بالاتر به تراز پایین‌تر که با گسیل فوتون در جهت کاتوره‌ای همراه است.
۲ القایی: تحریک الکترون برانگیخته توسط یک فوتون با انرژی مناسب.

نکته ۱ یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود. ۲ فوتون گسیلی با فوتون ورودی هم‌جهت، هم‌فاز و هم‌بسامد است.
۳ گسیل القایی اساس کار لیزر است. ۴ متمرکز شدن نور و افزایش آن توسط فوتون‌های هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز.

◂ **وارونی جمعیت:** افزایش فوتون‌ها در ترازهای شبه‌پایدار که موجب فراهم شدن فرصت بیشتر برای گسیل فوتون و تقویت شدت نور می‌شود.

آشنایی با فیزیک هسته‌ای

۱ ساختار هسته
◂ **نماد هسته:**



۱ ویژگی‌های هسته را تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها تعیین می‌کنند.
۲ خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتون‌ها تعیین می‌کنند.
۳ به پروتون‌ها و نوترون‌های هسته نوکلئون گفته می‌شود.

◂ **ایزوتوپ:**
تعداد پروتون‌های مساوی و نوترون‌های متفاوت دارند و در جدول تناوبی در یک مکان هستند. خواص شیمیایی یکسان و خواص فیزیکی متفاوتی دارند.

◂ **نیروی هسته‌ای:** نیروی جاذبهٔ بسیار قوی و کوتاه‌برد بین نوکلئون‌ها که موجب پایداری هسته می‌شود. این نیرو مستقل از بار الکتریکی است.

◂ **پایداری هسته:** اگر نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبهٔ هسته‌ای بین نوکلئون‌ها خنثی شود، هسته پایدار می‌ماند. با افزایش تعداد پروتون‌های درون هسته، برای پایدار ماندن هسته، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد. نقش نوترون‌ها در هسته، افزایش نیروی ربایشی برای پایداری هسته است.

◄ **رابطهٔ اینشتین:** جرم و انرژی می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند: $E = mc^2$

◄ **انرژی بستگی هسته‌ای:** انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های هسته ← میزان اختلاف جرم هسته (کاستی جرم هسته) و مجموع جرم نوکلئون‌های آن

نکته انرژی بستگی هسته بیشتر ← هسته پایدارتر

$E = mc^2$ ← انرژی بستگی هسته‌ای

↓ کاستی جرم هسته

◄ **ترازهای هسته:**

انرژی نوکلئون‌های هسته کوانتیده است و اختلاف تراز انرژی آن‌ها از مرتبهٔ keV و MeV است.

نکته نوکلئون‌ها با جذب انرژی به ترازهای با انرژی بالاتر می‌روند و هسته برانگیخته می‌شود $(^{A}_{Z}X^{*})$. هستهٔ برانگیخته با گسیل فوتون به حالت پایه برمی‌گردد.

۲ پرتوزایی طبیعی

◄ **آلفا (α):**

$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$ هسته دو پروتون و دو نوترون از دست می‌دهد.

◄ **بتا (β):**

۱ پوزیترون (β^+): $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e^{+}$ یک پروتون به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود و عدد اتمی هسته یک واحد کاهش می‌یابد.

۲ الکترون (β^-): $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e^{-}$ یک نوترون به یک پروتون و یک الکترون تبدیل می‌شود و عدد اتمی هسته یک واحد افزایش می‌یابد.

◄ **گاما (γ):**

$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$ هستهٔ برانگیخته با گسیل پرتوی گاما به حالت پایه می‌رسد و نوع هسته تغییر نمی‌کند.

نکته

۱ در تمامی فرایندهای هسته‌ای، دو حکم زیر برقرار است:

الف: مجموع عددهای جرمی دو طرف رابطه یکسان است. (پایستگی تعداد نوکلئون‌ها یا عدد جرمی)

ب: مجموع عددهای اتمی دو طرف رابطه یکسان است. (پایستگی بار الکتریکی یا عدد اتمی)

۲ نفوذپذیری پرتوها در سرب: $\gamma > \beta > \alpha$

۲ نیمه‌عمر $(T_{\frac{1}{2}})$

مدت زمان لازم برای نصف‌شدن تعداد هسته‌های مادر

$N = \frac{N_0}{2^n}$ ← هسته‌های پرتوزای باقی‌مانده ، تعداد هسته‌های مادر اولیهٔ پرتوزا ↑

$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$ = تعداد نیمه‌عمرهای سپری‌شده