فهرست

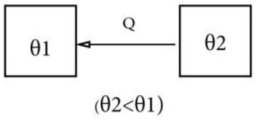
۱	گرما	۱
۲	الکتریسیته ساکن	۹
۳	نوسان	۱۵
۴	موج مکانیکی	۱۹
۵	فیزیک هسته‌ای	۲۶
۶	خازن	۳۲
۷	فشار	۳۴
۸	آینه	۳۹
۹	توان مولد	۵۳
۱۰	سقوط آزاد	۵۴
۱۱	الکتریسیته جاری	۶۰
۱۲	انرژی و توان مصرفی	۶۱
۱۳	حرکت دایره‌ای	۶۲

همایش های طلایی تخته خاک

WWW.TAKHTEKHAK.COM

گرما و آثار آن

گرما صورتی از انرژی است که به علت اختلاف دما از جسم گرم به جسم سرد منتقل می‌شود که با Q نشان می‌دهند و یکای آن در SI، ژول است.



- کالری (Cal) یکای فرعی گرماست. $1Cal = 4.2\ j$

دما

کمیتی است نسبی و مقایسه‌ای که میزان گرمی و سردی اجسام را نشان می‌دهد و یکای آن در SI کلوین می‌باشد.

نکته: دمای هر جسم متناسب است با انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های سازنده آن . $(T\alpha K)$

- رابطه مقیاس کلوین و سلسیوس $\Longleftarrow$ $T^k = \theta^{\circ C} + 273$

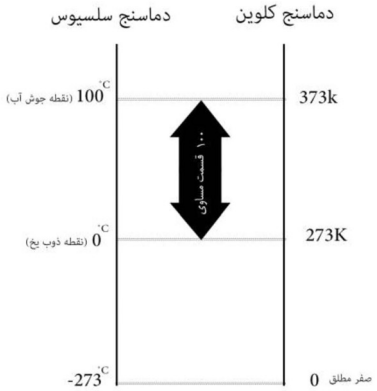
نکته: $\Delta T = \Delta\theta$

- دما را با دماسنج اندازه‌گیری می‌کنند.
- دامنه کاربرد دماسنج‌ها بر اساس نوع ماده بکار رفته در ساختمان آن‌ها و با توجه به نقاط انجماد و جوش آن‌ها تعیین می‌شود.

به خاطر بسپارید که:

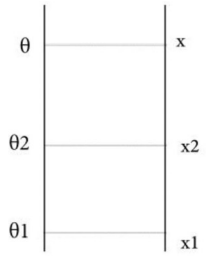
جیوه
نقطه جوش $375^{\circ C}$
نقطه انجماد $-39^{\circ C}$

الکل
نقطه جوش $79^{\circ C}$
نقطه انجماد $-115^{\circ C}$



نکته: **در صفر مطلق انرژی درونی جسم صفر نمی‌شود بلکه به کمترین مقدار ممکن خود می‌رسد.**

نکته: **رابطه دو مقیاس متفاوت (دماسنج معلوم و دماسنج مجهول)**



$$\frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{(x - x_1)}{x_2 - x_1}$$

انرژی درونی

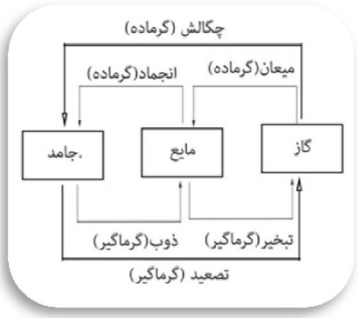
به مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل تمام ذرات یک جسم ، انرژی درونی گویند.

عوامل مؤثر بر انرژی درونی عبارت‌اند از:

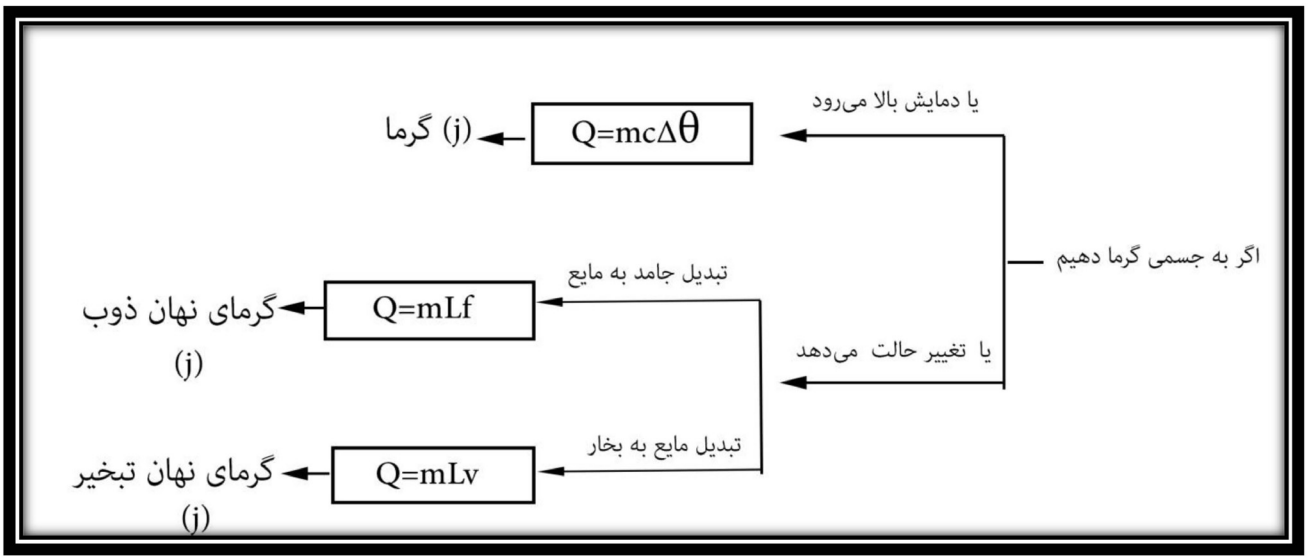
1. **دما**
2. **تعداد ذرات**

نکته: **اگر به جسمی گرما دهیم ولی دما تغییر نکند (مثلاً در حال ذوب و یا در حال تبخیر باشد) یعنی در حال تغییر حالت باشد انرژی جنبشی ذرات ثابت، ولی انرژی پتانسیل بین مولکولی افزایش و در نتیجه انرژی درونی افزایش می‌یابد.**

تغییر حالات ماده



نکته:



ظرفیت گرمایی ویژه (C): مقدار گرمایی که 1kg از جسم می‌گیرد تا دمایش $1^{\circ}c$ یا 1^{k} بالا رود. $\left(\frac{j}{kg^{\circ}c}\right)$ یا $\left(\frac{j}{kg^{k}}\right)$

ظرفیت گرمایی (A): مقدار گرمایی است که تمام جسم می‌گیرد تا دمایش $1^{\circ}c$ یا 1^{k} بالا رود. $\left(\frac{j}{^{\circ}C}\right)$ یا $\left(\frac{j}{k}\right)$

$$A = mc$$

نکته: ظرفیت گرمایی ویژه به جرم جسم بستگی ندارد. ولی ظرفیت گرمایی با جرم جسم نسبت مستقیم دارد. $(A\alpha m)$

گرمای نهان ویژه ذوب (L_F): مقدار گرمایی که بایدبه 1kg از جامد بدهیم تا در دمای ثابت به مایع تبدیل شود. $(\frac{j}{kg})$

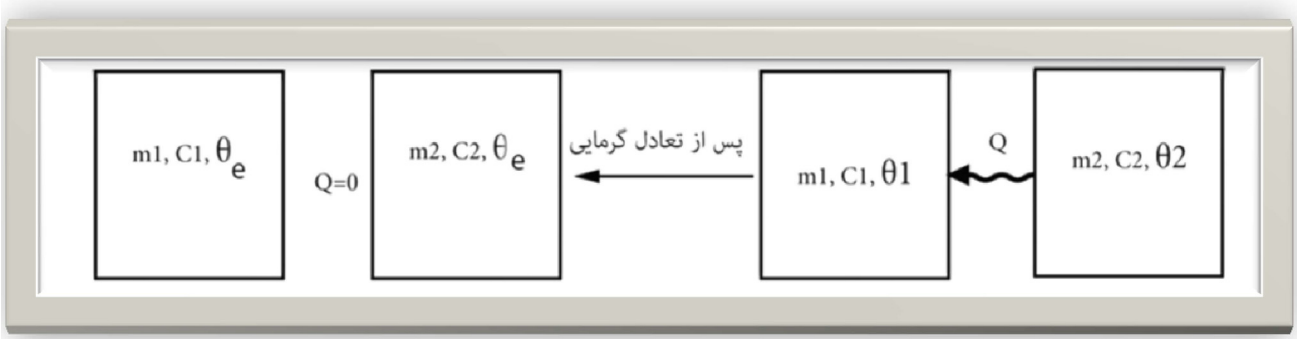
گرمای نهان ویژه تبخیر (L_V): مقدار گرمایی که باید به 1kg از مایع بدهیم تا در دمای ثابت به بخار تبدیل شود. $(\frac{j}{kg})$

- به خاطر بسپارید $\Leftarrow$ $C_{\text{آب}} = 4200\frac{j}{kg^{\circ}c}$, $C_{\text{یخ}} = 2100\frac{j}{kg}$, $L_F = 336\frac{kj}{kg}$, $L_V = 2268\frac{Kj}{kg}$

نکته کاربردی

$$\begin{cases} C_{\text{آب}} = 2C_{\text{یخ}} \\ L_F = 80\ C_{\text{آب}} \\ L_V = 540\ C_{\text{آب}} \end{cases}$$

تعادل گرمایی و دمای تعادل



- شارش گرما تا زمانی ادامه می‌یابد که دو جسم هم دما شوند.
- وقتی دو جسم به تعادل گرمایی می‌رسند دمای بین دو جسم برابر می‌شود. (θ_e)
- $\theta_1 < \theta_e < \theta_2$

تکنیک $\frac{m\theta}{80}$:

m مقدار آب $\theta^{\circ c}$ می تواند به میزان $\frac{m\theta}{80}$ یخ $0^{\circ c}$ را به طور کامل ذوب کند.

تکنیک $\frac{m\theta}{160}$:

هرگاه مقداری یخ $-\theta^{\circ c}$ را داخل آب $0^{\circ c}$ بیاندازیم مقداری از آب (m') یخ می‌زند و به جرم یخ اضافه می‌شود.

$$m' = \frac{m\theta}{160} \qquad \text{جرم یخ ثانویه} = M = m + m'$$

که در آن m' جرم آبی که یخ می‌زند (جرم اضافه شده به یخ اولیه) و M جرم یخ اولیه و θ دمای یخ می‌باشد.

تکنیک ایت (*Eight*):

هر مقدار بخار آب ۱۰۰ درجه سلسیوس ، ۸ برابر جرم خودش یخ صفر درجه سلسیوس را می‌تواند به طور کامل ذوب کند.

نکته: افزایش فشار باعث افزایش نقطه جوش و افزایش نقطه ذوب مواد (به جز یخ، نقره – چدن – بیسموت) می‌شود.

- **استثناء: افزایش فشار باعث بالا رفتن نقطه جوش آب ولی باعث پایین آمدن نقطه ذوب یخ می‌شود.**

نکته: مواد در اثر ذوب ازدیاد حجم پیدا می‌کنند ولی یخ (نقره – چدن – بیسموت) پس از ذوب کاهش حجم پیدا می‌کند.

تبخیر سطحی

بخار شدن مولکول‌ها از سطح آزاد مایعات را تبخیر سطحی می‌گویند، که در هر دمایی صورت می‌گیرد.

نکته: **وقتی تبخیر سطحی صورت می‌گیرد دمای مایع باقی مانده و در نتیجه انرژی درونی ماده کاهش می‌یابد.**

نکته: **عوامل مؤثر بر آهنگ تبخیر سطحی عبارت‌اند از:**

افزایش دما افزایش سطح وزش باد کاهش فشار

نکته: **مایع در اثر تبخیر سطحی گرمای نهان تبخیر خود را از دست می‌دهد و در اثر آن دمایش پایین می‌آید.**

- **با افزایش دما غالباً ابعاد اجسام افزایش می‌یابد:**

تأثیر گرما بر جامدات

1. **انبساط طولی (خطی)** $L_2 + L_1(1+\alpha\Delta\theta)$ یا $\Delta L = L_1\alpha\,\Delta\theta$

α ضریب انبساط خطی (K^{-1}) : افزایش طول واحد به ازای افزایش دمای 1^{oc}

2. **انبساط سطحی**

$$\Delta_2 = A_1(1+2\alpha\Delta\theta) \text{ یا } \Delta A = A_1 2\alpha\Delta\theta$$

2α ضریب انبساط سطحی (K^{-1}): افزایش سطح واحد سطح به ازای افزایش دمای 1^{oc}

3. **انبساط حجمی**

$$V_2 = V_1(1+3\alpha\Delta\theta) \text{ یا } \Delta V = V_1 3\alpha\Delta\theta$$

3α ضریب انبساط حجمی (K^{-1}): افزایش حجم واحد حجم به ازای افزایش دمای 1^{oc}

کمی خلاقیت:

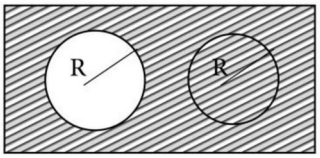
- **درصد تغییرات طول** $\longleftarrow \frac{\Delta L}{L_1} = \alpha\Delta\theta \times 100$
- **درصد تغییرات سطح** $\longleftarrow \frac{\Delta A}{A_1} = 2\alpha\Delta\theta \times 100$
- **درصد تغییرات حجم** $\longleftarrow \frac{\Delta V}{V_1} = 3\alpha\Delta\theta \times 100$

کمی توجه:

- **ضریب انبساط طولی** $= \alpha$
- **ضریب انبساط سطحی** $\simeq 2\alpha$
- **ضریب انبساط حجمی** $\simeq 3\alpha$

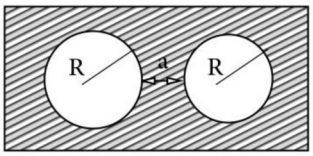
نکته:

اگر مطابق شکل روبه‌رو ، روی یک ورقه فلزی یک سوراخ دایره‌ای شکل به شعاع R ایجاد کرده و در نزدیکی آن یک دایره به شعاع R رسم کنیم با تغییر دما دایره و سوراخ به یک اندازه تغییر سطح می‌دهند.



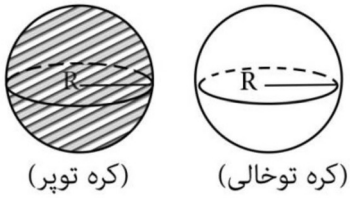
نکته:

اگر روی ورقه فلزی دو دایره به شعاع‌های R_2, R_1 و به فاصله a ایجاد کنیم با گرم کردن ورقه، سطح و شعاع دو دایره و همچنین فاصله a بزرگ می‌شود.



نکته:

اگر دمای کره فلزی هم‌جنس و هم‌شعاع یکی تو پر و یکی تو خالی را به یک اندازه بالا ببریم، هر دو به یک اندازه منبسط می‌شود و داریم:



$$\Delta V_{\text{کره توپر}} = \Delta V_{\text{کره توخالی}}$$

ولی اگر به هر دو کره به یک اندازه گرما بدهیم دمای کره تو خالی به دلیل جرم کم‌تر، بیش‌تر از دمای کره توپر بالا می‌رود.

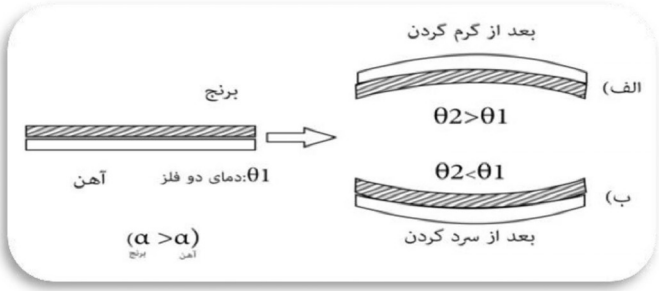
رابطه چگالی جامدات با تغییر دما

$$\begin{cases} \rho_2 = \dfrac{m}{V_2} \\ \rho_1 = \dfrac{m}{V_1} \end{cases} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{V_1(1+3\alpha\Delta\theta)} \Rightarrow \rho_2 = \frac{\rho_1}{1+3\alpha\Delta\theta}$$

کمی توجه: اگر دمای جسم جامد را دو برابر کنیم حجم آن اندکی افزایش می‌یابد و چگالی آن نیز اندکی کاهش خواهد یافت.

ترموستات

در موتورخانه‌ها و یخچال‌ها برای قطع و راه‌اندازی دستگاه استفاده می‌شود.



نکته:

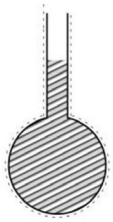
- **در دماهای بالاتر از θ_1، فلزی که ضریب انبساط بیش‌تری دارد، قوس بیرونی را تشکیل می‌دهد، زیرا بیشتر منبسط می‌شود. (شکل الف)**
- **در دمای پائین‌تر از θ_1، فلزی که ضریب انبساط بیشتری دارد، قوس داخلی را تشکیل می‌دهد، چون بیشتر از دیگری انقباض می‌شود. (شکل ب)**

تأثیر گرما بر مایع‌ها

ضریب انبساط حجمی مایع: مقدار انبساط یکای حجم مایع است هنگامی که دمای آن $1^{\circ}c$ یا 1^{k} بالا رود و آن را با حرف β یا α نمایش می‌دهند و یکای آن در SI، $\frac{1}{k}$ است.

$$\Delta V = V_1 a \Delta\theta \text{ یا } V = V_1(1 + a\Delta\theta)$$

نکته: ضریب انبساط حجمی مایع از ضریب انبساط حجمی جامد بیشتر است، زیرا پیوندهای مولکولی آن ضعیف‌تر هستند. مایع دارای انبساط ظاهری است. یعنی هرگاه مایع درون یک بالون شیشه‌ای ریخته شود و به آن گرما دهیم ابتدا ظرف منبسط شده و سطح مایع پایین می‌آید و هنگامی که گرما به مایع می‌رسد و ظرف و مایع هم دما می‌شوند مایع بیشتر منبسط شده و سطح آن در ظرف بالا می‌رود.



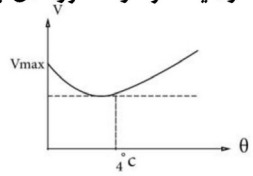
انبساط ظرف − انبساط واقعی مایع = انبساط ظاهری مایع

حجم مایع سرریز شده $= V(a - 3\alpha)\Delta\theta$

که در آن α ضریب انبساط خطی شیشه (k^{-1}) و a ضریب انبساط حجمی مایع (k^{-1}) می‌باشد.

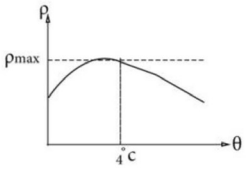
انبساط غیر عادی آب

هرگاه دمای مقدار معینی آب را از $100^{\circ}c$ به $4^{\circ}c$ برسانیم حجم آن به طور طبیعی کاهش می‌یابد فقط در مایعات و گازها صورت می‌گیرد. اما اگر دما را از $4^{\circ}c$ به $0^{\circ}c$ برسانیم آب منبسط می‌شود و به طور غیرعادی حجم آن افزایش می‌یابد.



نکته: طبق رابطه $P = \frac{m}{V\downarrow} \uparrow$ بیشینه چگالی آب در دمای $4^{\circ}c$ است .

نکته: تغییرات چگالی آب در دمای $4^{\circ}c$ کم‌ترین مقدار است.



راه‌های انتقال گرما

رسانش	همرفت	تابش
مکانیسم غالب انتقال گرما در جامدات است. در انتقال گرما به روش رسانش مولکول‌های ماده جابجا نمی‌شوند. آب و یخ و هوا رسانای خوبی نیستند.	برخلاف رسانش مولکول‌های ماده جابجا می‌شود. علت حرکت مولکول‌های مایع و گاز تغییر چگالی مایع یا گاز است.	در انتقال گرما به روش تابش نیاز به محیط مادی نیست. سرعت انتقال گرما به روش تابش باید سریع‌تر از رسانش و همرفتی (تقریباً آنی) است. به کمک امواج الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد. سطوح تیره و کدر تابش و جذب خوبی دارند. سطوح صیقلی، تابش و جذب ضعیف دارند ولی بازتابنده قوی هستند.

گازها

گاز کامل: گازی است بسیار رقیق به عبارت دیگر چگالی آن کم است.

هرچه گازی دمایش بیشتر و فشارش کمتر باشد رفتارش به گاز کامل نزدیک‌تر است.

قانون عمومی گازهای کامل:

برای مقدار معین گاز کامل، حاصل‌ضرب فشار در حجم تقسیم بر دمای مطلق گاز همواره مقدار ثابتی است.

$$\frac{PV}{T} = \text{مقدار ثابت} = nR$$

که در آن n تعداد مول $= \frac{m}{n}$ (m جرم گاز و n جرم مولکولی گاز)

و R ثابت عمومی گازها و برابر $8.314 \frac{j}{mol}$ می‌باشد.

شرایط متعارفی گاز کامل

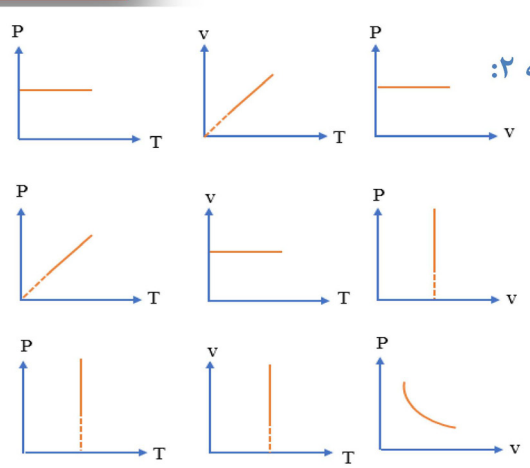
۱ مول از هر گاز در دمای ۲۷۳ کلوین حجمی معادل ۲۲/۴ لیتر را اشغال می‌کند.

نکته ۱:

$$\frac{PV}{T} = \text{ثابت} \rightarrow \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

نکته ۲:

$$\begin{cases} P = \text{ثابت} \rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ یا } \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta T}{T_1} \\ V = \text{ثابت} \rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ یا } \frac{\Delta P}{P_1} = \frac{\Delta T}{T_1} \\ T = \text{ثابت} \rightarrow P_1V_1 = P_2V_2 \text{ یا } \frac{\Delta P}{V_2} = -\frac{\Delta V}{V_2} \end{cases}$$



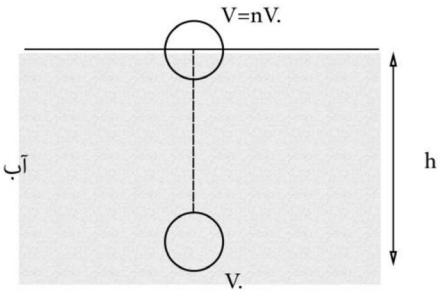
- در استفاده از روابط بالا دما باید برحسب کلوین باشد و بقیه کمیت‌ها کافی است هم واحد باشند.

چگالی گاز کامل با فشار گاز نسبت مستقیم و با دمای مطلق گاز نسبت عکس دارد.

$$\rho \alpha \frac{P}{T} \text{ یا } \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{T_1}{T_2}$$

نکته: هرگاه در عمق h دریاچه‌ای حبابی تشکیل شود و بارسیدن حباب تا سطح دریاچه حجم‌اش n برابر شود $(V = nV_0)$

داریم:



$$h = 10(n-1)$$

یادآوری: $V_{\text{حباب}} = \frac{4}{3}\pi R^3$

قانون دالتون یا قانون فشارهای جزئی

هرگاه چند گاز با شرایط متفاوت با هم مخلوط گردند میان شرایط اولیه و نهایی رابطه زیر برقرار است.

تعداد مول‌های نهایی گاز = مجموع تعداد مول‌های اولیه گاز

$$n_1 + n_2 + \cdots + n_n = n_{\text{کل}} \rightarrow \frac{p_1 v_1}{T_1} + \frac{p_2 v_2}{T_2} + \cdots + \frac{p_n v_n}{T_n} = \left(\frac{pv}{T}\right)_{\text{نهایی}}$$

الکتریسیته ساکن

بار الکتریکی کمیتی است کوانتایی که در اثر انتقال تعدادی الکترون از یک جسم به جسم دیگر بوجود می‌آید. و در این عمل جسمی است که الکترون از دست داده دارای بار مثبت و جسمی که الکترون اضافی دریافت نموده است به همان مقدار دارای بار منفی خواهد شد.

$$q = ne$$

که e بار هر الکترون و n تعداد الکترون‌هاست.

ایجاد بار الکتریکی بر اثر مالش

با مالش میله لاکی توسط پارچه پشمی در ان بار منفی به وجود می‌آید، حال آنکه با مالش شیشه به وسیله پارچه پشمی در آن بار الکتریکی مثبت به وجود می‌اید.

قانون کولن

نیروی بین بارهای الکتریکی با حاصل ضرب بارها رابطه مستقیم و با مجذور فاصله‌شان رابطه عکس دارد.

$$F = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$$

که ε ضریب گذردهی الکتریکی محیط می‌باشد.

$$\varepsilon = k\varepsilon_0$$

که در آن k ثابت دی الکتریک و ε_0 ضریب گذردهی خلاء می‌باشد.

نکته:

$$\frac{F'}{F} = \frac{q_1' q_2'}{q_1 q_2} \times \frac{r^2}{r'^2} \times \frac{\varepsilon}{\varepsilon'}$$

- نیروی بین بارهای الکتریکی از نوع عمل و عکس‌العمل می‌باشد، پس نیروی وارد بر دو جسم مساوی و مخالف الجهت می‌باشد.

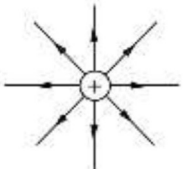
شدت میدان الکتریکی

نیروی وارد بر واحد بار الکتریکی را شدت میدان الکتریکی گویند و جهت آن همواره در جهت نیروی وارد بر بار مثبت الکتریکی است.

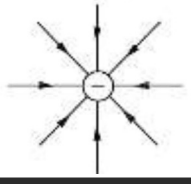
$$E = \frac{F}{q} = k\frac{Q}{r^2}$$

که در آن Q باری است که میدان را تولید نموده است.

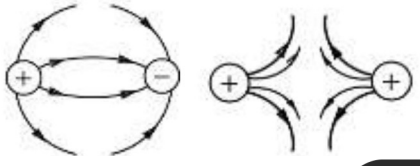
شدت میدان بار نقطه ای مثبت



شدت میدان بار نقطه ای منفی



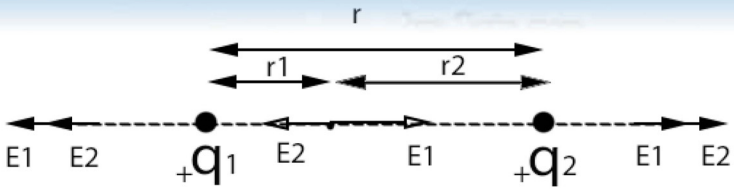
دو بار الکتریکی



شدت میدان صفر

به عنوان نمونه:

۱. برای دو بار همنام:



$E_1 + E_2$ $E_1 - E_2$ $E_1 + E_2$

پس امکان صفر شدن میدان کل در فاصله میان دو بار امکان پذیر است.

$$E_1 = E_2 \qquad K\frac{q_1}{r_1^2} = k\frac{q_2}{r_2^2}$$

$$\begin{cases} \frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2} \\ r_1 + r_2 = r \end{cases}$$

نکته مهم:

$$x = \frac{r}{\sqrt{\frac{q_1}{q_2}} + 1}$$

۲. برای دو بار مخالف العلامه

پس در خارج فاصله دو بار نزدیک‌تر به بار کوچک‌تر (دو طرف بار کوچکتر) شدت میدان الکتریکی صفر می‌شود.

$E_1 - E_2$ $E_1 + E_2$ $E_1 - E_2$

$$E_1 = E_2 \begin{cases} \frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2} \\ |r_2 - r_1| = r \end{cases}$$ که r فاصله دوبار است

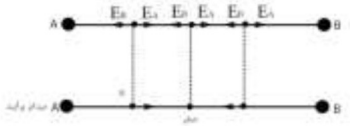
نکته مهم:

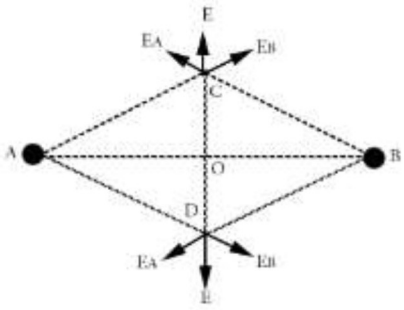
$$x = \frac{r}{\left(\sqrt{\frac{q_1}{q_2}} - 1\right)}$$

توزیع بارها در صفحه

نحوه تغییرات شدت میدان الکتریکی در میان دو بار الکتریکی همنام

چنانچه در نقاط A و B بارهای همنام q_A , q_B قرار گرفته باشد که برای سادگی بحث آنها را مساوی و مثبت اختیار می‌نماییم در نقطه ای میان این دو بار و بر روی خط واصل آنها شدت میدان الکتریکی صفر می‌شود که در حالت برابری این بارها این نقطه در وسط واصل دوبار است.



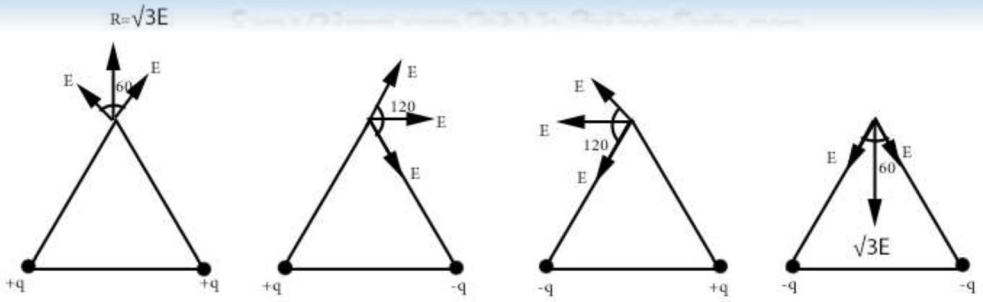


بدین ترتیب با حرکت از نقطه A شدت میدان که به صورت دافعه است به تدریج کاهش یافته تا در وسط دو بار میدان برآیند صفر می‌شود از این نقطه تا B نیز شدت میدان به تدریج افزایش می‌یابد و جهت آن نیز مطابق شکل خواهد بود پس به طور کلی با حرکت از A تا B میدان کل کاهش یافته به صفر می‌رسد و سپس افزایش خواهد یافت.

❋مهم❋ اما چنانچه از نقطه C تا D روی عمود منصف خط واصل دوبار حرکت نماییم

❋مهم❋ مطابق با شکل باز هم از C تا O میدان کل کاهش یافته تا به صفر برسد سپس از O تا D شدت میدان کل در جهت خلاف حالت قبل افزایش می‌یابد. لازم به ذکر می‌باشد که اگر هر دو بار منفی باشند تنها جهت میدان برآیند عکس جهات فوق خواهد بود.

شدت میدان الکتریکی در رئوس مثلث متساوی‌الاضلاع



$$R = 2E\cos\frac{60}{2} = \sqrt{3}E \qquad R = 2E\cos\frac{120}{2} = E$$

اما چنانچه یکی از بارها بزرگتر از دیگری باشد میدان حاصل از آن بار نیز بزرگتر بوده میدان برآیند را به سمت خود متمایل می‌سازد.

پتانسیل الکتریکی بار نقطه‌ای

فشار الکتریکی حاصل از یک توزیع بار الکتریکی را پتانسیل الکتریکی گویند. که با نرژی پتانسیل حاصل از قرار گیری این بارهای الکتریکی در کنار یکدیگر ارتباط دارد.

برای بار نقطه ای پتانسیل الکتریکی از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$V = k\frac{q}{r}$$

شرط انتقال بار الکتریکی

شرط انتقال بار الکتریکی از یک جسم به جسم دیگر وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی است در این صورت بار از جسم با پتانسیل بیشتر به دیگری انتقال می‌یابد.

چگالی سطحی بار

بار در واحد سطح یک جسم را چگالی سطحی گویند.

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

چنانچه دو گره هم پتانسیل شوند چگالی سطحی کره کوچکتر بیشتر خواهد بود.

برای دو کره هم پتانسیل داریم:

$$V_1 = V_2 \rightarrow \frac{q_1}{r_1} = \frac{q_2}{r_2}$$

برای چگالی سطحی دو کره خواهیم داشت:

$$\sigma_1 \propto \frac{q_1}{r_1^2} \quad , \sigma_2 \propto \frac{q_2}{r_2^2}$$

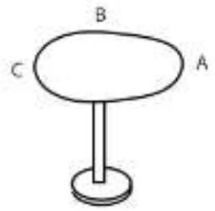
اما در σ_1 , σ_2 ، $\frac{q_1}{r_1} = \frac{q_2}{r_2}$ پس $\sigma_1 \propto \frac{1}{r_1}$, $\sigma_2 \propto \frac{1}{r_2}$

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

بدین ترتیب چنانچه $r_1 < r_2$ باشد $\sigma_1 > \sigma_2$ خواهد بود.

جسم رسانا یک سطح هم پتانسیل را تشکیل می‌دهند.

در جسم رسانا پس از تعادل، پتانسیل الکتریکی تمام نقاط مساوی می‌شود چرا که در غیر این صورت بار الکتریکی از نقطه با پتانسیل بیشتر به نقطه با پتانسیل کمتر انتقال می‌یابد.



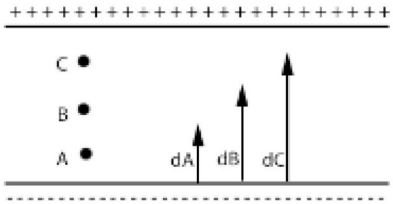
یعنی در شکل فوق $V_A = V_B = V_C$

اما برای شدت میدان الکتریکی، از آنجا که تجمع بار به ترتیب از نقطه A در نزدیکی سطح رسانا به C و سپس به B افزایش می‌یابد. (تجمع بار در نقاط نوک تیز بیشتر است) شدت میدان الکتریکی نیز به همین شکل تغییر می‌کند.

یعنی : $E_A > E_C > E_B \quad (\sigma_A > \sigma_C > \sigma_B)$

پتانسیل الکتریکی در فضای میان صفحات خازن

در فضای میان صفحات خازن شدت میدان الکتریکی ثابت است اما پتانسیل الکتریکی از رابطه $V = Ed$ به دست می‌آید که d فاصله از صفحه با بار منفس است بنابراین پتانسیل الکتریکی از صفحه منفی و به طور خطی با فاصله افزایش می‌یابد.



$$d_C > d_B > d_A$$
$$V_C > V_B > V_A$$
$$E_C = E_B = E_A$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه

اختلاف پتانسیل بین نقاط A , B عبارت است از منفی کاری که میدان الکتریکی بر روی واحد بار الکتریکی مثبت از A تا B انجام می‌دهد به نحوی که بار الکتریکی در هر لحظه در حال تعادل دینامیکی باشد.

$$V_B - V_A = \frac{-w_{AB}}{q}$$

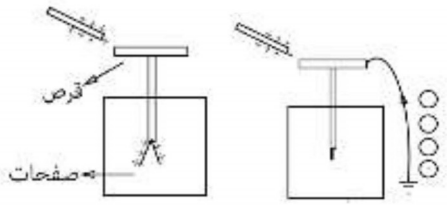
بنابراین با جابجایی در جهت خطوط میدان کاری که میدان بر روی بار مثبت انجام می‌دهد مثبت بوده $V_B - V_A$ منفی می‌شود و در نتیجه با جابجایی در جهت خطوط میدان پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

الکتروسکوپ

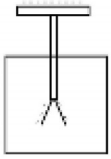
وسیله ای است که توسط آن می‌توان به سنجش بارهای الکتریکی پرداخت

باردار نمودن الکتروسکوپ

به منظور باردار نمودن الکتروسکوپ بایستی جسم با بار مخالف را بدان نزدیک نمود.

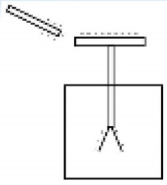


به عنوان نمونه چنانچه بار مثبت به الکتروسکوپ نزدیک شود بار منفی از صفحات الکتروسکوپ به سمت قرص حرکت نمود، صفحات باردار شده از هم جدا می‌شوند اینک با اتصال قرص به زمین، بارهای منفی از زمین به صفحات الکتروسکوپ منتقل شده، بارهای مثبت صفحات خنثی شده صفحات به یکدیگر می‌چسبند. اینک با دور کردن جسم با بار مثبت ، بارهای منفی قرص به صفحات منتقل شده صفحات نیز از هم جدا می‌شوند.



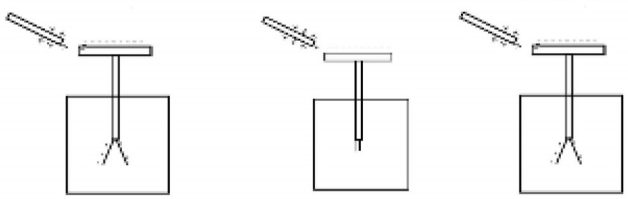
به همین سبک می‌توان برای باردار نمودن الکتروسکوپ با بار مثبت نیز عمل نمود.

نزدیک کردن جسم باردار به الکتروسکوپ باردار در دو حالت همنام و غیرهمنام



۱. برای حالت همنام هر چه جسم به قرص نزدیکتر شود بارهای بیشتری از همان نوع به صفحات منتقل شده فاصله صفحات نیز بیشتر می‌شوند.

۲. برای حالت غیر همنام هر چه جسم به قرص نزدیکتر شود ابتدا و به تدریج فاصله صفحات کم شده به صفر می‌رسد و سپس مجددا فاصله صفحات بیشتر می‌شوند.



۳. با نزدیک کردن جسم باردار به الکتروسکوپ بدون بار فاصله صفحات زیاد می‌شوند.

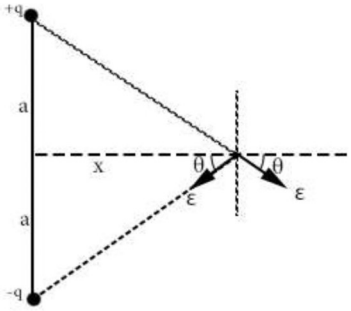
در اجسام رسانا بار در سطح خارجی توزیع می‌شود.

در اجسام رسانا بار الکتریکی در خارجی ترین سطح حسم توزیع می‌گردد به نحوی که پتانسیل الکتریکی تمام نقاط یکسان بوده و در نقاط نوک تیز تجمع بار بیشتر خواهد بود.

میدان دو قطبی الکتریکی

$$E = 2\varepsilon \sin\theta$$

$$\varepsilon = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q}{x^2 + a^2}, \qquad sin\theta = \frac{a}{(x^2 + a^2)^{\frac{1}{2}}}$$



$$E = 2 \times \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{(x^2 + a^2)} \times \frac{a}{(x^2 + a^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$E = \frac{2aq}{4\pi\varepsilon_0 (x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$P = 2aq$ گشتاور دو قطبی

$$E = \frac{P}{4\pi\varepsilon_0 (x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$$

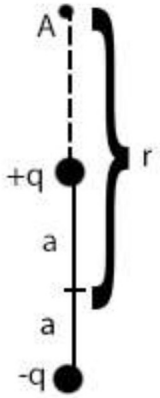
اگر x خیلی بزرگتر از a باشد $x^2 + a^2 \cong x^2$

$$E = \frac{p}{4\pi\varepsilon_0 x^3} \rightarrow E = \frac{2aq}{4\pi\varepsilon_0\, x^3}$$

میدان دو قطبی بر روی محور دو قطبی

$$E = q/(4\pi\varepsilon_0 (r-a)^2 - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 (r+a)^2}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{(r-a)^2} - \frac{1}{(r+a)^2}\right)$$

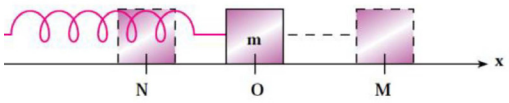


$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{(r+a)^2 - (r-a)^2}{(r^2 - a^2)^2}\right] = q/4\pi\varepsilon_0 \left[\frac{4ar}{(r^2 - a^2)^2}\right]$$

حرکت نوسانی ساده

حرکتی است رفت ویژگی برگشتی روی پاره خطی راست حول نقطه‌ای ثابت به نام مرکز نوسان که نیروی بازگرداننده‌اش از قانون هوک $\vec{F} = -k\vec{x}$ تبعیت می‌کند.

مفاهیم اولیه



۱) بعد (x) : فاصله نوسانگر در هر لحظه از مرکز نوسان را گویند.

۲) دامنه (A): بیشترین فاصله نوسانگر از مرکز نوسان را گویند.

۳) در یک نوسان کامل نوسانگر مسافتی معادل $4A$ را طی می‌کند و از هر نقطه پاره خط نوسان دوبار عبور می‌کند.

۴) مدت زمان یک نوسان کامل را دوره (T) و تعداد نوسانات در یک ثانیه را بسامد (f) گویند.

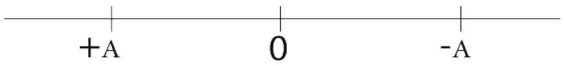
$$T = \frac{t}{N} \quad , f = \frac{N}{t} \rightarrow T = \frac{1}{f}$$

۵) بسامد زاویه‌ای (ω):

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \xrightarrow{\text{در یک نوسان کامل}} \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

که در آن ω بسامد زاویه ای برحسب $\left(\frac{Rad}{s}\right)$ و T دوره بر حسب (s) و f فرکانس بر حسب $\frac{1}{s}$ می‌باشند.

۶) وضعیت حرکتی نوسانگر:



$x = max$	$x = 0$	$x = max$
$V = 0$	$V = max$	$V = 0$
$u = max$	$u = 0$	$u = max$
$k = 0$	$k = max$	$k = 0$
$E =$ ثابت	$E =$ ثابت	$E =$ ثابت
$F = max$	$F = 0$	$F = max$
$a = max$	$a = 0$	$a = max$

وضعیت حرکتی نوسانگر:

نکته: اندازه مکان، سرعت، شتاب – نیرو و هرکدام از دو انرژی نوسانگر در طول یک دوره دو بار صفر و دوبار بیشینه می‌شود.

نکته: جهت حرکت نوسانگر (علامت سرعت) در دو سر پاره‌خط نوسان عوض می‌شود.

نکته: علامت شتاب و نیرو همواره مخالف علامت بعد است.

نکته: هرگاه نوسانگر به مرکز نزدیک می‌شود (ربع دوم و چهارم) اندازه سرعت آن در حال افزایش (تند شونده) و هرگاه از مرکز نوسان دور شود (ربع اول و سوم) اندازه سرعت آن در حال کاهش (کندشونده) خواهد بود.

معادلات حرکت هماهنگ ساده

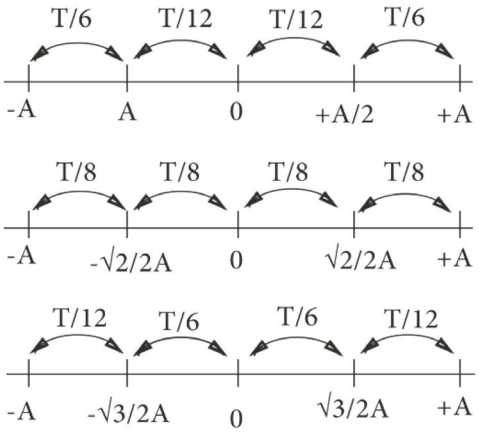
$$x = A\sin\omega t \rightarrow x_{max} = A$$

$$V = A\omega\cos\omega t \rightarrow V_{max} = A\omega \rightarrow V = V_{max}\cos\omega t$$

$$a = -A\omega^2\sin\omega t \rightarrow |a_{max}| = A\omega^2 \rightarrow a = a_{max}\sin\omega t$$

$$F = ma \rightarrow F = -mA\omega^2\sin\omega t \rightarrow |F_{max}| = mA\omega^2$$

تکنیک زمان‌های طلایی:



نکته: حداکثر جابجایی نوسانگر در مدت زمان $\frac{T}{4}$ برابر است با $\sqrt{2}A$

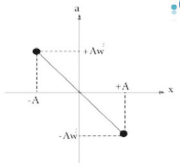
نکته: حداکثر جابجایی نوسانگر در مدت زمان $\frac{T}{3}$ برابر است با $\sqrt{3}A$

نکته : حداکثر جابجایی نوسانگر در مدت زمان $\frac{T}{6}$ برابر است با A

نکته: حداکثر جابجایی نوسانگر در مدت زمان $\frac{T}{2}$ برابر است با $2A$

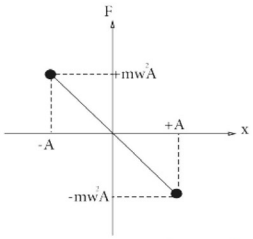
هم ارزی : $T \equiv 2\pi$

رابطه شتاب ـبُعد:



$$a = -\omega^2 x \begin{cases} \xrightarrow{\text{در مرکز نوسان}} a=0 \\ \xrightarrow{\text{در دو انتها}} a_{max}=A\omega^2 \end{cases}$$

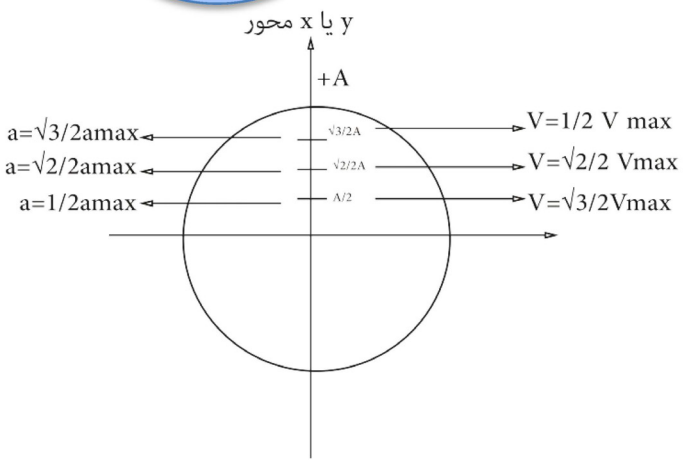
$$F = ma = -m\omega^2 x \begin{cases} \xrightarrow{\text{در مرکز}} F = 0 \\ \xrightarrow{\text{در دو انتها}} F_{max} = m\omega^2 A \end{cases}$$



روابط مستقل از زمان:

$$\begin{cases} \left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_m}\right)^2 = 1 \rightarrow V = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2} \\ \left(\frac{V}{V_m}\right)^2 + \left(\frac{a}{a_m}\right)^2 = 1 \rightarrow a = \pm\omega\sqrt{V_m^2 - V^2} \\ \left(\frac{x}{A}\right) = \left(\frac{a}{a_m}\right) = \left(\frac{F}{F_m}\right) \\ \left(\frac{V}{V_m}\right) = \left(\frac{P}{P_m}\right) \end{cases}$$

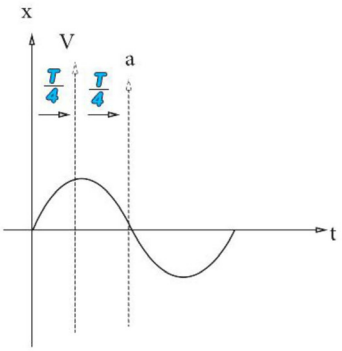
تکنیک طلایی:



اختلاف فاز در حرکت نوسانی ساده:

$$x = A\sin\omega t$$
$$V = A\omega\cos\omega t = A\omega\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$
$$a = -A\omega^2\sin\omega t = A\omega^2\sin(\omega t + \pi)$$

$$\begin{cases} \theta_V - \theta_x = \frac{\pi}{2} \\ \theta_a - \theta_V = \frac{\pi}{2} \\ \theta_a - \theta_x = \pi \end{cases}$$



نکته: در حرکت نوسانی ساده شتاب با بعد در فاز متقابل ولی متناسب با آن است $a = -\omega^2 x$

انرژی در حرکت نوسانی ساده:

روابط انرژی بر حسب بُعد:

۱. انرژی جنبشی $K = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2)$

۲. انرژی پتانسیل $u = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$

۳. انرژی مکانیکی $E = u + K = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$

انرژی	ازلحاظ فازی	ازلحاظ مکانی
جنبشی (K)	$\cos^2\theta$	$(A^2 - x^2)$
پتانسیل (U)	$\sin^2\theta$	x^2
مکانیکی (E)	1	A^2

نکته ۱: $K_{max} = u_{max} = E = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \frac{1}{2}mV_m^2 = \frac{1}{2}kA^2$

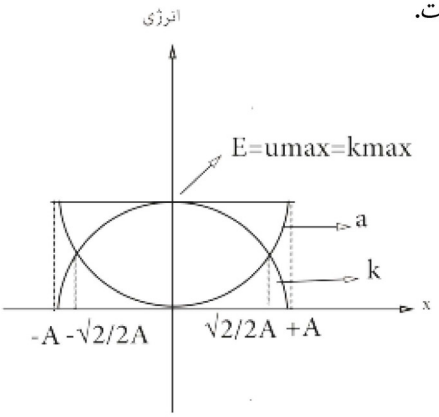
نکته ۲: انرژی مکانیکی یک نوسانگر به جرم نوسانگر بستگی ندارد و با مجذور دامنه (A^2) و مجذور بسامد نوسانگر (f^2) نسبت مستقیم دارد.

$$E \propto A^2f^2 \quad \text{یا} \quad \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{A_2}{A_1}\times\frac{f_2}{f_1}\right)^2$$

نکته ۳: در بعدهای $x = \pm\frac{\sqrt{2}}{2}A$ و در فازهای $\theta = (2n-1)\frac{\pi}{4}$ و در زمان‌های $\theta = (2n-1)\frac{T}{8}$ انرژی‌های جنبشی و پتانسیل نوسانگر برابرند.

نکته ۴: درفاز $\frac{\pi}{3}$ و مشتقاتش انرژی پتانسیل ۳ برابر انرژی جنبشی است.

و در فاز $\frac{\pi}{6}$ ومشتقاتش انرژی جنبشی ۳ برابر انرژی پتانسیل است.

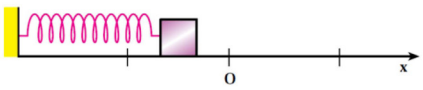


نمودار انرژی

نکته ۵: در هر نوسان کامل ۴ بار انرژی‌های جنبشی و پتانسیل نوسانگر برابر می‌شود.

نوسانات وزنه –فنر:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$



T دوره برحسب (s) و m جرم و K ثابت فنر بر حسب $\left(\frac{N}{m}\right)$:

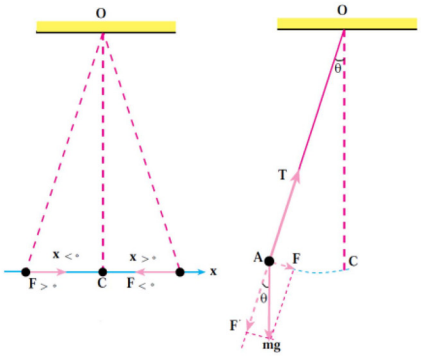
۱. $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}\ ,f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{K}}$

۲. دوره تناوب و بسامد نوسانات وزنه – فنر به شتاب گرانش g و شتاب دستگاه a بستگی ندارد.

۳. $T \propto \sqrt{\frac{m}{K}} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1} \times \frac{k_1}{k_2}}$

آونگ ساده کم دامنه:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$



T دوره بر حسب (s) و L طول نخ برحسب متر و g شتاب گرانشی بر حسب $\left(\frac{m}{s^2}\right)$:

۱. $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}\ ,f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$

۲. دوره تناوب و بسامد نوسانات آونگ ساده به جرم گلوله آونگ بستگی ندارد.

۳. $T \propto \sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1} \times \frac{g_1}{g_2}}$

۴. اگر $g \simeq \pi^2$ باشد آنگاه $T \simeq 2\sqrt{l}$ ←

۵. آونگ در آسانسور : $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g \pm a}}$

+ تند شونده روبه بالا – کند شونده روبه پایین
–تند شونده روبه پایین – کند شونده روبه بالا

۶. اگر در بالا و زیر گلوله آونگ آهن ربایی باشد. $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g \pm \frac{F}{m}}}$

+ آهن ربا زیر گلوله آونگ و – آهن ربا بالای گلوله آونگ

۷. اگردر یک محل دوره آونگی به طول L_1 ، T_1 و در همان محل دوره آونگی به طول L_2 , T_2 باشد. در آن محل دوره آونگی به طول $L_1 + L_2$ برابر است با:

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$$

مطابق دو نوسانگر:

وقتی دو نوسانگر با بسامدهای مختلف را به صورت هم فاز به نوسان درآوریم، نوسانگری که بسامد بیشتری دارد تندتر می‌زند و از دیگری جلو می‌افتد، اگر پس از گذشت زمان t نوسانگری که بسامد بیشتری دارد k نوسان کامل بیشتر از نوسانگری که بسامد کمتری دارد انجام دهد خواهیم داشت.

$$f_2 > f_1 \rightarrow N_2 > N_1\ ,N_2 = N_1 + K_1 \rightarrow \frac{t}{T_2} = \frac{t}{T_1} + K \rightarrow t = \frac{KT_1T_2}{|T_1 - T_2|}$$

پدیده تشدید:

اگر به نوسانگری یک نیروی دوره‌ای اعمال شود، در صورتی که بسامد نیروی اعمال شده (محرک) با بسامد طبیعی نوسانگر یکسان باشد، بیشترین انرژی به نوسان‌گر منتقل می‌شود و دامنه نوسان تا مقدار بیشینه‌ای افزایش می‌یابد و از آن پس حرکت نوسانی بدون کاهش دامنه، ادامه می‌یابد.

در این صورت می گوییم پدیده تشدید رخ داده است.

در تشدید بین دستگاه وزنه – فنر و آونگ : $f_{\text{وزنه فنر}} = f_{\text{آونگ}} \rightarrow \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{K}{m}}$

موج: انتشار آشفتگی در یک محیط را موج می‌نامند.

کار امواج انتقال انرژی است.

انواع موج:

۱. موج مکانیکی: برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند مثل صوت.

۲. موج الکترومغناطیس: علاوه بر محیط‌های مادی در خلاء نیز می‌توانند منتشر شوند مثل نور.

محیط کشسان:

محیطی است که وقتی تغییر شکلی در آن ایجاد کنیم نیروی کشسانی ایجاد شده بین اجزای محیط دوباره آن را به حالت اولیه خودش بازمی‌گرداند و تغییر شکل را جزءبه‌جزء در محیط منتقل می‌کند.

اکثر جامدات، مایعات و گازها محیط کشسانی هستند.

تَپ (پالس) – انتشار :

تغییر شکل ایجاد شده در محیط را تپ و انتقال تپ در محیط را انتشار گویند.

موج سینوسی:

هرگاه چشمه موج حرکت هماهنگ ساده داشته باشد موجی که در محیط ایجاد می‌شود را موج سینوسی می‌گویند.

محیط همگن:

محیطی است که شرایط فیزیکی مثل دما و جرم مولی، چگالی و فشار و ... در تمام نقاط آن یکسان باشد.

بسامد موج:

وقتی که چشمه موج در یک محیط با بسامد f نوسان می‌کند ذره‌های محیط نیز با همان بسامد شروع به نوسان می‌کنند که به این بسامد، بسامد موج گویند.

سرعت انتشار موج:

سرعت پیشروی موج در یک محیط را سرعت انتشار (سرعت موج) می‌نامند.

- در یک محیط همگن با موج با سرعت ثابت منتشر می‌شود و حرکت یکنواخت دارد.

$$x = vt$$

- سرعت انتشار موج همان سرعت انتشار قله موج یا دره موج است.
- سرعت انتشار موج در یک محیط فقط و فقط به ویژگی‌های فیزیکی محیط انتشار موج مثل جنس و دما و ... بستگی دارد و به ویژگی‌های فیزیکی چشمه موج مثل بسامد، دامنه – فاز و ... بستگی ندارد.
- هر ذره از محیط انتشار موج در محل تعادل خود حرکت نوسانی با شتاب متغیر دارد.

ولی موج حاصل از آن‌ها در محیط حرکت یکنواخت (حرکت با سرعت ثابت) دارد.

طول موج (λ):

پیشروی موج در یک دوره (T) را طول موج می‌گویند و یا به عبارت دیگر در یک موج پیش‌رونده فاصله دو نقطه هم‌فاز متوالی (دو قله متوالی و یا دو دره متوالی در موج عرضی و یا فاصله بین دو تراکم و یا دو انبساط متوالی در موج طولی) را طول موج گویند.

$$\Delta x = Vt \xrightarrow{t=T\ ,\Delta x=\lambda} \lambda = VT = \frac{V}{f}$$

که در آن λ طول موج (m)، V سرعت انتشار (m/s) ، T دوره (s) و f بسامد بر حسب Hz می‌باشند.

نکته: هرگاه چند چشمه موج مختلف با بسامدهای مختلف موج‌هایی دریک محیط منتشر کنند، سرعت انتشار موج حاصل از آن‌ها در محیط یکسان است ولی طول موج‌ها متفاوت است به طوری‌که داریم:

$$\text{در یک محیط: } V = \text{ثابت} \rightarrow \lambda \propto \frac{1}{f} \rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{f_1}{f_2}$$

نکته: هرگاه موجی مکانیکی یا الکترومغناطیسی از یک محیط وارد محیط دیگر شود بسامد آن ثابت می‌ماند ولی سرعت (V) و طول موج آن(λ) تغییر می‌کند. به طوری که:

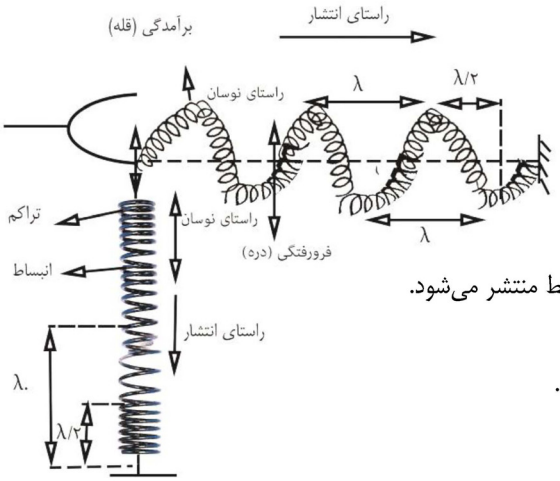
$$f = \text{ثابت} \rightarrow \lambda \propto V \rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

امواج از نظر شکل:

۱. **موج عرضی:** به موجی گفته می‌شود که راستای نوسان ذره‌های محیط عمود بر راستای انتشار موج است.

۲. **موج طولی:** به موجی گفته می‌شود که راستای نوسان ذره‌های محیط موازی با راستای موج است.

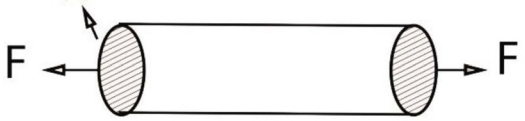
تشکیل هم زمان موج عرضی و طولی در یک فنر



- ✓ λ = فاصله دو قله (تراکم) متوالی
- ✓ λ= فاصله دو دره (انبساط) متوالی
- ✓ $\lambda/2$= فاصله یک قله (تراکم) از دره (انبساط) مجاورش
- ✓ موج طولی در یک محیط با سرعت بیشتری نسبت به موج عرضی در همان محیط منتشر می‌شود.
- ✓ امواج مکانیکی عرضی فقط در جامدات و سطح مایعات تولید و منتشر می‌شوند.
- ✓ امواج مکانیکی طولی در جامدات – درون مایعات و گازها تولید و منتشر می‌شوند.

سرعت انتشار موج عرضی در طول یک ریسمان و یا تار همگن:

$$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$$



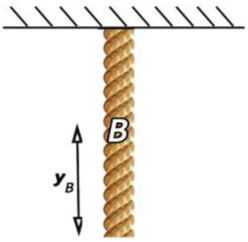
$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F.L}{m}} = \sqrt{\left(\frac{F}{\rho.A}\right)} = \frac{2}{D}\sqrt{\frac{F}{\rho.\pi}} \rightarrow \begin{cases} V \propto \sqrt{F} \\ V \propto \frac{1}{D} \text{ یا } V \propto \frac{1}{r} \\ V \propto \frac{1}{\sqrt{\rho}} \end{cases}$$

که در آن D قطر مقطع و ρ چگالی می‌باشد.

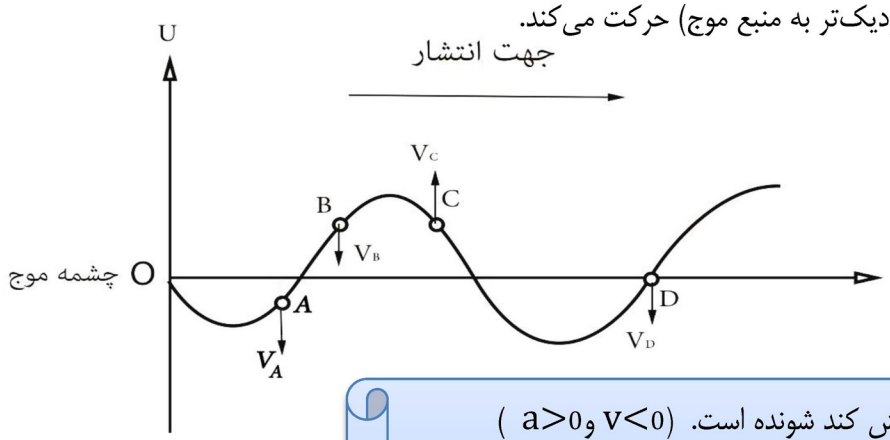
$$\text{جرم واحد طول } \mu = \frac{m}{L} = \frac{\rho V}{L} = \rho A$$

نکته: سرعت انتشار موج عرضی در طول یک ریسمان و یا تار همگن به طول تار بستگی ندارد.

نکته: اگر طنابی مطابق شکل از سقف آویزان باشد نیروی کشش طناب در هر نقطه از طناب ناشی از وزن قسمت زیرین آن نقطه است که ثابت می‌شود سرعت انتشار از هر نقطه از طناب مانند نقطه B از رابطه $V = \sqrt{y_B g}$ به دست می‌آید.



نکته بسیار مهم: جهت حرکت نوسانی هر ذره از روی نقطه قبل از آن تعیین می‌شود، یعنی هر نقطه محیط موج به سمت موقعیت نوسانی نقطه قبل از خود (نزدیک‌تر به منبع موج) حرکت می‌کند.



A: به سمت max منفی رود و نوع حرکتش کند شونده است. ($v<0$ و $a>0$)

B: به سمت تعادل می‌رود و نوع حرکتش تند شونده است. ($v<0$ و $a<0$)

C: به سمت max مثبت می‌رود و نوع حرکتش کند شونده است. ($v>0$ و $a>0$)

D: به سمت max منفی می‌رود و نوع حرکتش کند شونده است.

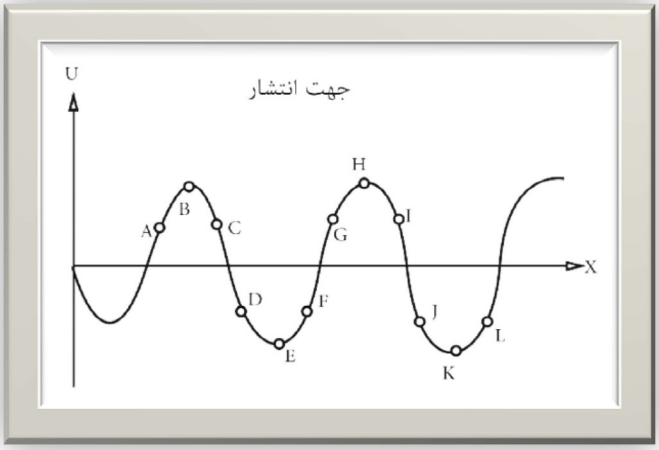
نکته: موج از مبدأ به نقاط دیگر محیط که در راستای انتشار هستند می‌رسد. بنابراین هر چه در راستای انتشار موج حرکت کنیم نقاط از نظر فاز نوسانی مقدار کمتری خواهند داشت در شکل بالا فاز نوسانی نقطه O از همه نقاط بیشتر است و برای بقیه نقاط فاز نوسانی به شکل زیر است:

$$\theta_A > \theta_B > \theta_C > \theta_D$$

نقاط هم‌فاز: نقاطی هستند که دارای وضعیت ارتعاش یکسان می‌باشند، یعنی بعد و جهت حرکت یکسان دارند.

نقاط در فاز مخالف (متقابل): نقاطی هستند که دارای وضعیت ارتعاش قرینه می‌باشند، یعنی بعد قرینه و جهت حرکت مخالف هم دارند.

نقاط	اختلاف فاصله (Δx)	اختلاف زمان (Δt)	اختلاف فاز ($\Delta\theta$)
هم فاز	$n\lambda = 2n\frac{\lambda}{2}$	$nT = 2n\frac{T}{2}$	$2n\pi$
در فاز مخالف	$(2n-1)\frac{\lambda}{2}$	$(2n-1)\frac{T}{2}$	$(2n-1)\pi$



(A با G هم‌فاز است و با F و L در فاز مخالف است. B و H هم‌فازند و با D و L در فاز مخالف‌اند)

برای دو نقطه هم‌فاز متوالی ← $\Delta\theta = 2\pi, \Delta t = T, \Delta x = \lambda$

برای دو نقطه غیر هم‌فاز متوالی ← $\Delta\theta = \pi, \Delta t = \frac{T}{2}, \Delta x = \frac{\lambda}{2}$

نکته: رابطه طلایی و کاربردی $\lambda \equiv T \equiv 2\pi$

امواج رونده ماده را با خود منتقل نمی‌کنند اما انرژی را از نقطه‌ای به نقطه دیگر منتقل می‌کند ←

$$E = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$$

نکته: در یک موج پیش‌رونده :

۱. انرژی هر جزء از محیط به جرم m: $E = 2m\pi^2f^2A^2 \rightarrow E \propto f^2A^2$

۲. انرژی موجود در یک طول موج ($L = \lambda$): $E_{L=\lambda} = 2\pi^2\mu V f A^2 \rightarrow E \propto fA^2$

۳. توان متوسط انتقال انرژی از هر نقطه طناب در مدت T: $\bar{p} = 2\pi^2\mu V f A^2 \rightarrow \bar{p} \propto f^2A^2$

تابع موج یا معادله موج:

تابعی است دو متغیره از مکان و زمان که وضعیت نوسانی هر نقطه از محیط انتشار موج را در هر لحظه نشان می‌دهد .

$$U_{\bigcirc} = \sin\left(\omega t \mp k \square\right)$$

که در آن محور $\bigcirc$ راستای نوسان ذرات محیط را نشان می‌دهد ومحور $\square$ راستای انتشار موج را نشان می‌دهد.

نکات برجسته:

۱. اگر $\bigcirc$و $\square$ دو محور ناهمنام باشند (مثلاً یکی X و دیگری Y) موج عرضی است و اگر دو محور هم نام باشند (مثلاً اگر هردو X و یا هر دو Y) موج طولی است.

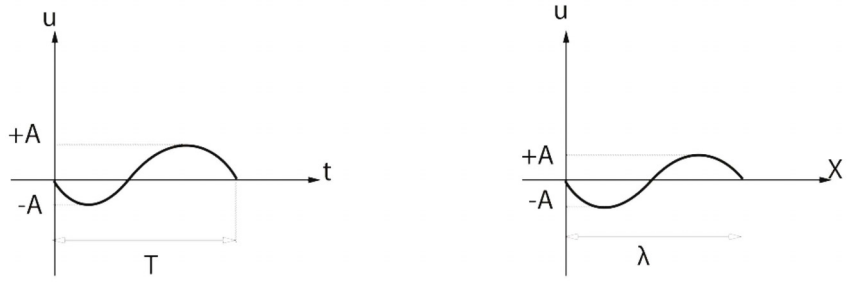
۲. – برای حالتی است که موج در جهت محور □ در حرکت باشد و + برای حالتی است که موج در خلاف جهت محور □ در حال حرکت باشد.

۳. K را عدد موج گویند و برابر است با اختلاف فاز بین دو نقطه در راستای انتشار موج که به فاصله ۱ متر از همدیگر واقع‌اند و یکای آن SI ، رادیان بر متر $\left(\frac{Rad}{m}\right)$ است.

$$k = \frac{\omega}{V} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

ω بسامد زاویه‌ای بر حسب $\left(\frac{Rad}{m}\right)$ و V سرعت انتشار موج برحسب $\left(\frac{m}{s}\right)$

۴. اگر در تابع موج □ را عدد بگذاریم معادله موج به معادلهٔ نوسان یک نقطه و اگر t را عدد بگذاریم نقش موج در یک لحظه (شکل محیط انتشار در یک لحظه) را به دست می‌آوریم/



نمودار نقش موج

۵. نسبت بیشینه سرعت ارتعاش ذرات محیط به سرعت انتشار موج

$$\frac{V_{max}}{V} = AK$$

نکته: اختلاف فاز بین دو نقطه در راستای پیشروی موج که به فاصله Δx از همدیگر واقع‌اند و موج پس از مدت زمان Δt از نقطه اول به نقطه دوم می‌رسد برابر است با:

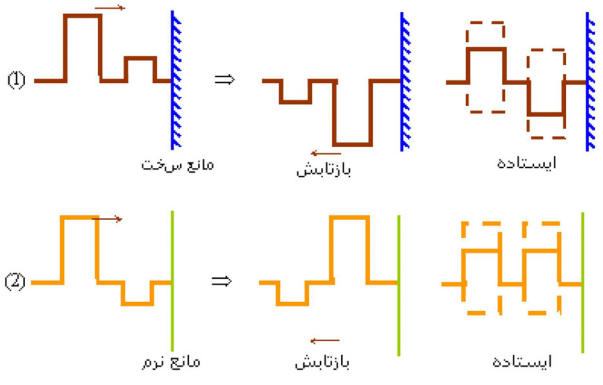
$$\Delta\theta + n(2\pi) = k\Delta x = \omega\Delta t$$

که در آن n تعداد نقاط هم فاز با یکی از نقاط می‌باشد.

اگر حداقل فاصله بین دو نقطه (Δx_{min}) مدنظر باشد ← $\Delta\theta = k\Delta x_{min} = \omega\Delta t$

بازتاب و برهم‌نهی موج:

برگشت موج از مرز مشترک دو محیط را بازتاب موج می‌گویند.



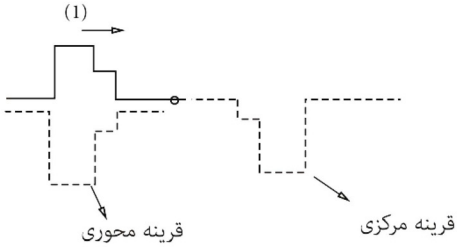
نکات برجسته:

- ✓ در بازتاب از انتهای آزاد (مانع نرم):
  ۱. برجستگی به صورت برجستگی و فرورفتگی به صورت فرورفتگی بازتاب می‌کند.
  ۲. در محل مانع نرم اختلاف فاز بین موج فرودی و بازتابی $\Delta\theta = 0$ است.
  ۳. در محل مانع نرم تداخل سازنده داریم
  ٤. اگر موجی با دامنه A با انتهای آزاد برسد در آن لحظه جابجایی انتهای آزاد $2A$ است.
  ٥. در محل مانع نرم شکل تشکیل می‌شود.
- ✓ در بازتاب از انتهای بسته (مانع سخت):
  ۱. برجستگی به صورت فرورفتگی به صورت برجستگی بازتاب می‌کند.
  ۲. در محل مانع سخت اختلاف فاز بین موج فرودی و بازتابی $\Delta\theta = \pi$ است .
  ۳. در محل مانع سخت تداخل ویرانگر داریم.
  ٤. در محل مانع سخت گره داریم.
  ٥. اختلاف فاز موج فرودی و بازتابش در فاصله x از مانع برابر است با $\Delta\theta = 2kx + \pi$
- ✓ هنگامی که دو موج هم‌زمان به نقطه‌ای از محیط برسند جابجایی آن نقطه از وضع تعادلش برابر است با:

اصل برهم نهی موج: $\vec{u} = \overrightarrow{u_1} + \overrightarrow{u_2}$

- ✓ اگر u_1 , u_2 هم علامت باشند تداخل سازنده و اگر هم علامت نباشند تداخل ویرانگر است.

نکته: فرض کنید موجی مطلق شکل (۱) داریم که از چپ به راست می‌رود اگر موجی که از راست به چپ می‌رود قرینه مرکزی موج (۱) باشد یک نقطه از طناب همواره ساکن می‌ماند.
اگر موجی که از راست به چپ می‌رود نسبت به موج (۲) قرینه محوری باشد در یک لحظه کل طناب ساکن می‌ماند.



موج ایستاده (ساکن)

از برهم‌نهی دو موج هم دامنه – هم بسامد (هم دوره) که در یک راستا ولی در دو سوی مخالف به هم می‌رسند موج ایستاده تشکیل می‌شود.

ویژگی‌های موج ایستاده (ساکن):

۱- در موج ساکن انتشار نداریم بنابراین ذرات انرژی را منتقل نمی‌کنند و فقط نوسان می‌کنند.

۲- در موج ساکن بسامد تمام نقاط باهم برابر است.

۳- در موج ساکن دامنه هر نقطه ثابت است. ولی دامنه نقاط مختلف با هم متفاوت است.

٤- دامنه نوسان گره‌ها صفر (A=0) و دامنه نوسان شکم بیشینه (A=2A) است.

٥- تمام نقاط واقع در بین دو گروه متوالی هم فازند و با تمام نقاط بین دو گره مجاور در فاز مخالف‌اند.

٦- انرژی مکانیکی شکم نسبت به سایر نقاط بیشینه است.

۷- انرژی مکانیکی نقاط گره صفر است.

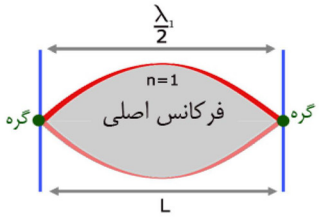
۸- فاصله هر گره از شکم مجاورش برابر $\frac{\lambda}{2}$ و فاصله هر دو گره متوالی یا هر دو شکم متوالی برابر $\frac{\lambda}{2}$ است.

۹- فاصله شکم‌ها از انتهای بسته (گره) ← $\Delta x = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \rightarrow n = 1, 2, 3, \dots$

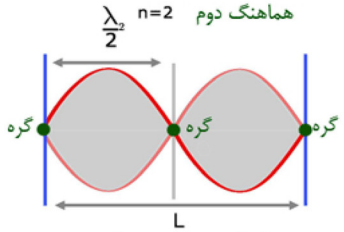
۱۰- فاصله گره‌ها از انتهای بسته (گره) ← $\Delta x = n\frac{\lambda}{2} \rightarrow n = 1, 2, 3, \dots$

۱۱- موج ایستاده در هر سه محیط جامد – مایع – گاز تشکیل می‌شود.

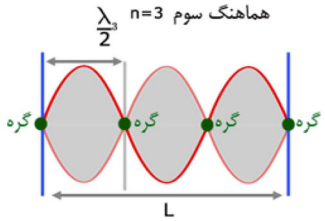
تار مرتعش با دو انتهای ثابت:



$\xrightarrow{\lambda=\frac{V}{f}} f_1 = \frac{v}{2L}$ | هماهنگ اول (بسامد اصلی)



$\xrightarrow{\lambda=\frac{v}{f}} f_2 = 2\frac{v}{2L}$



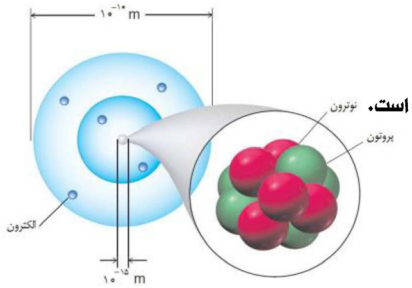
$\xrightarrow{\lambda=\frac{v}{f}} f_3 = 3\frac{v}{2L}$

نکات برجسته:

به طور کلی در تار مرتعش با دو انتهای ثابت داریم:

1. $L = n\frac{\lambda n}{2}$, $f_n = n\frac{V}{2L} = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F.L}{m}}$
2. n = شماره هماهنگ = شماره صعود = تعداد شکم = تعداد گره $- 1$
3. $f_n = n f_1$, $(f_1, 2f_1, 3f_1, \dots, nf_1)$
4. اختلاف بسامد دو هماهنگ متوالی = $f_{\text{اصلی}} = \frac{V}{2L}$

ساختار هسته:



- ابعاد اتم در حدود $10^{-10}m$ (۱ آنگستروم A°) و ابعاد هسته در حدود $10^{-15}m$ است.
- هسته اتم بسیار چگال (در حدود $10^{14}\frac{g}{cm^3}$) و از مجموعه نوکلئون‌ها (پروتون‌ها و نوترون‌ها) تشکیل شده است.

نماد شیمیایی یک عنصر:

$$X^{\text{عدد جرمی } A}_{\text{عدد پروتونی } Z\ \text{عدد نوترونی } N}$$

- به مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها عدد جرمی گفته می‌شود. $A = Z + N$
- بار هر پروتون e $(e = 1.6 \times 10^{-19}c)$ است و بار کل هسته $+ze$ است.

ایزوتوپ:

هسته‌هایی را که دارای عدد اتمی یکسان (تعداد پروتون مساوی) ولی عدد نوترونی و در نتیجه عدد جرمی متفاوت دارند را ایزوتوپ گویند.

- **ایزوتوپ‌ها دارای خواص شیمیایی یکسان و خواص هسته‌ای کاملاً متفاوت‌اند.**
- **ایزوتوپ‌های مختلف یک هسته را با نام همان هسته مشخص می‌کنند به‌جز هیدروژن**

ایزوتوپ‌های هیدروژن عبارت‌اند از:

۱) هیدروژن معمولی ($_1^1H$)

۲) دوتریم (آب سنگین) ($_1^2D$)

۳) تریتیوم ($_1^3T$)

- **ایزوتوپ‌های یک عنصر را نمی‌توان با روش‌های شیمیایی از یکدیگر جدا کرد بلکه با روش‌های فیزیکی (اختلاف جرم) می‌توان آن‌ها را از هم تفکیک کرد.**

نیروی هسته‌ای و پایداری هسته:

در داخل هسته نیروی دافعه کولنی بین پروتون‌ها و نیروی جاذبه گرانشی بین نوکلئون‌ها وجود دارد. از آن‌جایی که نیروی جاذبه گرانشی بسیار ضعیف‌تر از نیروی دافعه الکتریکی است بنابراین نیروی سومی باید وجود داشته باشد که نوکلئون‌ها را در کنار یکدیگر نگه دارد. و به آن نیروی هسته‌ای می‌گوییم و دارای ویژگی‌های زیر است:

۱. **از آنجایی که نیروی جاذبه بسیار قوی‌تر از نیروی رانشی الکتریکی است به آن نیروی قوی می‌گویند.**

۲. **برخلاف نیروی الکتریکی که بلند برد است (هر پروتون به تمام پروتون‌های موجود در هسته نیروی رانشی وارد می‌سازد) نیروی هسته‌ای کوتاه برد است به طوری که هر نوکلئون فقط به نوکلئون‌های مجاور خود نیروی هسته‌ای وارد می‌کند.**

نتیجه ← نیروی هسته‌ای قوی و کوتاه برد است.

نکته: مقایسه نیروهای گرانشی – کولنی و هسته‌ای قوی بین دو پروتون که در فاصله‌ای در حدود $2\ fm$ از همدیگر واقع‌اند.

نام نیرو	مؤثر بر	بزرگی N	برد
گرانشی	همه جرم‌ها	$\approx 10^{-34}$	بی‌نهایت
کولنی	بارهای الکتریک	$\approx 10^{2}$	خیلی زیاد
هسته‌ای قوی	ذرات هسته‌ای $(p\text{-}p)(n\text{-}p)(n\text{-}n)$	$\approx 10^{4}$	در حدود چند فرمی

عناصر طبیعی:

سبک‌ترین عنصر موجود در طبیعت (^1_1H) و سنگین‌ترین عنصر موجود در طبیعت اورانیوم 238 ($^{238}_{92}u$) می‌باشد، پس عدد اتمی عناصر موجود در طبیعت $1 \leq Z \leq 92$، عدد نوترونی عناصر موجود در طبیعت $0 \leq N \leq 146$ و عدد جرمی عناصر موجود در طبیعت $1 \leq A \leq 238$ می‌باشد.

عناصر فرا اورانیومی:

به عناصر با اعداد اتمی $Z > 92$ که در طبیعت یافت نمی‌شوند و به صورت مصنوعی در آزمایشگاه تولید می‌شوند عناصر فرا اورانیومی نامیده می‌شود.

پایداری هسته‌ها:

با افزایش عدد اتمی و زیاد شدن تعداد پروتون‌ها ، نیروی رانشی کولنی اهمیت بیشتری پیدا کرده و باعث ناپایداری هسته می‌گردد ایزوتوپ‌های ناپایدار با گذشت زمان واپاشیده شده و سرانجام به ایزوتوپ‌های پایدار تبدیل می‌شوند.

نکته: تمام عنصرها با عدد اتمی $Z > 83$ ناپایدارند و به تدریج از کره زمین ناپدید می‌شوند رادیوم – توریوم و اورانیوم از جمله این عنصرها هستند.

نسبت عدد نوترونی به عدد اتمی ($\frac{N}{Z}$) در عناصر مختلف:

در عناصر سبک تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها تقریباً برابر است:مثل ($^{12}_6C$) اما با زیاد شدن عدد اتمی و افزایش تعداد پروتون‌ها و ناپایدار شدن هسته، تعداد نوترون‌ها نسبت به پروتون‌ها افزایش می‌یابد چرا که افزایش نوترون بدون آنکه به نیروی رانشی کولنی اضافه شود نیروی ربایشی هسته‌ای را اضافه می‌کند. بنابراین:

در عناصر سبک $\frac{N}{Z} = 1$

در عناصر متوسط $\frac{N}{Z} = 1.2$

در عناصر سنگین $\frac{N}{Z} = 1.5$

نکته:

- عناصر E و F ایزوتوپ‌اند. $Z_E = Z_F$
- در عناصر A و B : $(Z_A = N_A), (Z_B = N_B)$
- عناصر C و D عدد جرمی برابر دارند. $(Z_C + N_C = Z_D + N_D)$

اصل هم ارزی جرم – انرژی انیشتن:

جرم و انرژی جنبه‌های مختلف یک کمیت فیزیکی هستند که می‌توانند تحت شرایطی به یکدیگر تبدیل شوند.

انرژی معادل جرم m از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$E = mC^2$$

که در آن E انرژی برحسب j ، m جرم برحسب kg و C سرعت نور و برابر است با $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$

بر طبق نظریه نسبت انیشتین مجموع کل جرم و انرژی در بر هم کنش‌ها پایسته (ثابت) می‌ماند.

انرژی بستگی هسته (B):

اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهد که جرم هسته (M_x) از مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل دهنده آن $(ZM_p + NM_n)$ کمتر است. این اختلاف جرم (جرم ناپدیده شده) هنگام تشکیل هسته به انرژی تبدیل شده است که توانسته است نوکلئون‌ها راگرد هم جمع‌آوری کند (انرژی بستگی) و یا به عبارت دیگر انرژی بستگی هسته انرژی است که هسته هنگام تشکیل از دست می‌دهد.

$$B = \Delta MC^2 = [ZM_p + NM_n - M_x]C^2$$

یکای جرم اتمی (1U):

یکای مورد استفاده در فیزیک هسته‌ای است. و عبارت است از $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن ۱۲

بر طبق این یکا داریم: $m_n = 1.008665\ u\ , m_p = 1.007276\ u\ , me = 0.000549u$

نکته: انرژی معادل $1u$ برابر است با $931.5\ meV$

نکته: $B_{MeV} = \Delta M_u \times 931.5$

نکته: هرچه اختلاف جرم هسته با مجموع نوکلئون‌های هسته بیشتر باشد انرژی بستگی هسته بیشتر است.

نکته: هر چه انرژی بستگی به ازای هر نوکلئون $(\frac{B}{A})$ بیشتر باشد آن هسته پایدارتر است.

مثلاً آلومینیوم تنها یک ایزوتوپ پایدار $(^{27}_{13}Al)$ دارد و دارای دو ایزوتوپ ناپایدار $(^{26}_{13}Al)$ و $(^{28}_{13}Al)$ است که از میان این سه هسته انرژی بستگی $(^{28}_{13}Al)$ بیشترین است اما انرژی بستگی به ازای هر نوکلئون برای هسته $(^{27}_{13}Al)$ بیشینه است و سبب می‌شود که ایزوتوپ پایدار آلومینیوم $(^{27}_{13}Al)$ باشد.

نکته: انرژی پروتون‌ها و نوترون‌ها در هسته کوانتومی است.

نکته: ترازهای انرژی هسته خیلی خیلی بیشتر از ترازهای انرژی الکترون در مدارهای اتمی است.

اختلاف انرژی ترازهای الکترونی در حدود چند الکترون ولت است در حالی که اختلاف انرژی ترازهای نوکلئون‌ها در هسته‌های سبک حدود میلیون الکترون ولت (Mev) و در هسته‌های سنگین حدود کیلو الکترون ولت (kev) است. به همین دلیل هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند.

نکته: هسته اتم با بمباران کردن هسته به کمک پروتون‌ها یا نوترون‌ها برانگیخته می‌شود.

پرتوزایی (رادیواکتیویته):

هسته‌های ناپایدار با گذشت زمان با گسیل پرتوهایی واپاشیده و به هسته‌های سبک‌تر تبدیل می‌شوند. این خاصیت هسته‌ها را پرتوزایی و هسته‌های ناپایدار و برانگیخته را که توانایی گسیل پرتوها را دارند هسته‌های پرتوزا گویند.

پرتوزایی به سه روش صورت می‌گیرد:

آلفازا $(^4_2\alpha)$:

۱. از جنس هسته اتم هلیوم است. $^4_2\alpha = {}^4_2He^{++}$

۲. $q_\alpha = +2e$

۳. در میدان‌های الکتریکی، مغناطیسی و گرانشی منحرف می‌شود.

۴. معادله واپاشی $\leftarrow {}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\alpha$

۵. با تابش آلفا ۲ واحد از عدد جرمی کاسته می‌شود و عنصر دو ستون در جدول تناوبی عقب می‌رود.

بتازا $(^0_{-1}\beta)$:

۱. از جنس الکترون است.

۲. در میدان‌های الکتریکی مغناطیسی و گرانشی منحرف می‌شود.

۳. $q_\beta = -e$

۴. معادله واپاشی $\leftarrow {}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}\beta$

۵. نحوه واپاشی

$$n \rightarrow {}^1_1P + {}^0_{-1}e$$

که در آن P به عدد اتمی هسته اضافه می‌شود و e به صورت بتای منفی از هسته گسیل می‌شود.

۶. با واپاشی بتای منفی ۱ واحد به عدد اتمی اضافه می‌شود و ۱ واحد از عدد نوترونی کم می‌شود و عدد جرمی تغییر نمی‌کند. (عنصر یک ستون در جدول تناوبی جلو می‌رود.)

۷. متداول‌ترین نوع واپاشی است.

گامازا ($_0^0\gamma$):

۱. از جنس امواج الکترومغناطیس است.

۲. نه جرم دارد و نه بار الکتریکی، پس در میدان‌های الکتریکی – مغناطیسی و گرانشی منحرف نمی‌شود.

۳. معمولاً بعد از واپاشی‌های آلفا و بتا رخ می‌دهد.

۴. معادله واپاشی ← $_Z^A X \rightarrow {}_Z^A X + {}_0^0\gamma$

۵. با واپاشی گامازا هسته از حالت برانگیخته به حالت پایداری می‌رسد و سطح انرژی هسته کمتر می‌شود.

واپاشی پوزیترون‌زا ($_{+1}^0\beta$):

۱. پوزیترون ذره‌ای هم مرتبه با جرم الکترون ولی بارش مثبت است.

۲. $q_{\beta^+} = +e$

۳. در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و گرانشی منحرف می‌شود.

۴. معادله واپاشی ← $_Z^A X \rightarrow {}_{Z-1}^A Y + {}_{+1}^0\beta$

۵. نحوه واپاشی ← $_1^1 P \rightarrow {}_0^1 n + {}_{+1}^0 e$

که در آن p به داخل هسته برمی‌گردد و e به‌صورت بتای مثبت از هسته گسیل می‌شود.

۶. یک واحد از عدد اتمی کم و یک واحد به عدد نوترونی اضافه می‌شود و عنصر یک‌خانه در جدول تناوبی عقب می‌رود.

کمی توجه :

واپاشی نوترون‌زا ($_0^1 n$):

۱. ذره‌ای است خنثی $q_n = 0$

۲. در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منحرف نمی‌شود.

۳. معادله واپاشی ← $_Z^A X \rightarrow {}^{A-1}_Z X + {}_0^1 n$

توجه: واکنش‌های هسته‌ای از دو قاعده زیر پیروی می‌کنند.

- ✓ مجموع عددهای اتمی (Z) در دو طرف واکنش یکسان است.
- ✓ مجموع عددهای جرمی (A) در دو طرف واکنش یکسان است.

کمی خلاقیت ۱: اگر اختلاف اعداد جرمی دو طرف واکنش را بر ۴ تقسیم کنیم خارج قسمت تقسیم تعداد ذره‌های آلفا و باقی‌مانده تعداد ذره‌های نوترون حاصل از واپاشی را نشان می‌دهد.

کمی خلاقیت ۲: تعداد ذرات β و α گسیل شده در یک واکنش هسته‌ای با رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$_{Z_1}^A X \rightarrow {}_{Z_2}^{A_2} Y + m({}_2^4\alpha) + n({}_{-1}^0\beta) \rightarrow \begin{cases} m = \dfrac{A_1 - A_2}{4} \\ n = \dfrac{A_1 - A_2}{2} + (Z_2 - Z_1) \end{cases}$$

که در آن m تعداد ذرات آلفا و n تعداد ذرات بتا است.

نیمه عمر ماده پرتوزا:

ثابت واپاشی (λ) : احتمال واپاشی یک هسته پرتوزا در یک ثانیه را ثابت واپاشی (λ) می‌گویند و یکای آن در SI بر ثانیه (S^{-1}) است.

نکته: ثابت واپاشی (λ) فقط تابع نوع هسته‌ای است که واپاشیده می‌شود و به عوامل خارجی مانند دما، فشار، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بستگی ندارد.

نیمه عمر (T): مدت زمانی است که طی آن نیمی از هسته‌های پرتوزای موجود در آن ماده پرتوزا واپاشیده می‌شود. و آن را با T نشان می‌دهند.

تعداد نیمه عمر $n = \frac{t}{T}$, جرم باقی مانده $m = \frac{m_0}{2^n}$

که در آن t زمان و T نیم عمر می‌باشد.

کمی خلاقیت :

تعداد نیم عمر	۱	۲	۳	٤	٥	٦
جرم فعال (باقی‌مانده)	$\frac{1}{2}m_0$	$\frac{1}{4}m_0$	$\frac{1}{8}m_0$	$\frac{1}{16}m_0$	$\frac{1}{32}m_0$	$\frac{1}{64}m_0$
جرم متلاشی شده	$\frac{1}{2}m_0$	$\frac{3}{4}m_0$	$\frac{7}{8}m_0$	$\frac{15}{16}m_0$	$\frac{31}{32}m_0$	$\frac{63}{64}m_0$

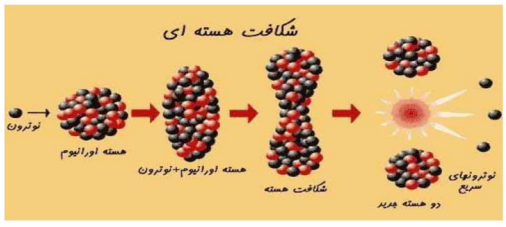
کمی خلاقیت ۲:

تعداد نیم عمر	۱	۲	۳	۴	۵	۶
جرم فعال	%50	%25	%12.5	%6.25	≈ %3	%1.5
جرم متلاشی شده	%50	%75	%87.5	%93.75	%97	%98.5

انواع واکنش‌های هسته‌ای:

- شکاف هسته‌ای: هسته سنگین به دو هسته سبک‌تر شکافته می‌شود همراه با آزادشدن انرژی
- گرافت یا هم جوش هسته‌ای: هسته‌های سبک با یکدیگر ترکیب شده و هسته سنگین تولید می‌کنند.

واکنش شکاف هسته‌ای:



$$\underbrace{{}^{1}_{0}n}_{\text{نوترون‌های کند}} + {}^{235}_{92}u \rightarrow {}^{236}_{92}u^{*} \rightarrow {}^{138}_{56}Ba + {}^{95}_{36}Kr + 3\left(\underbrace{{}^{1}_{0}n}_{\text{نوترون‌های تند}}\right) + 200MeV$$

خوب است بدانید:

انرژی حاصل از شکاف یک کیلوگرم اورانیوم 235 معادل انرژی حاصل از سوختن $10^7\ kg$ ذغال سنگ و یا 2.25×10^6 لیتر نفت است.

غنی سازی اورانیوم: بالا بردن درجه خلوص $^{235}_{92}u$ در مخلوطی از ایزوتوپ‌های اورانیوم را گویند.

- ❖ واکنش هسته‌ای فقط با اورانیوم 235 صورت می‌پذیرد.
- ❖ غنای مناسب اورانیوم 235 در نیروگاه‌های هسته‌ای تولید برق 3 درصد می‌باشد.

درصد اورانیوم:

نکته: در معادن طبیعی اورانیوم $\begin{cases} \%99.3 \leftarrow {}^{228}_{92}u \\ \%0.7 \leftarrow {}^{235}_{92}u \end{cases}$

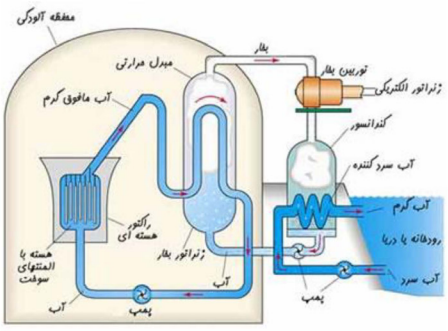
برای جدا کردن این دو ایزوتوپ از روش‌های فیزیکی (تفاوت جرم این دو ایزوتوپ) استفاده می‌شود، که این روش‌ها بسیار پرهزینه و دشوار می‌باشد.

دو روش غنی سازی اورانیوم:

- ✓ سانتریفیوژ گازی: در این روش اورانیوم را با گاز فلوئور ترکیب می‌کنند (uf_6) و در استوانه‌هایی با سرعت زیاد در حدود ۱۵۰۰ $\frac{km}{h}$ چرخانده می‌شود ($^{238}_{92}u$) سنگین به خارج رانده می‌شود و مولکول گازی حاوی ($^{235}_{92}u$) سبک‌تر از مرکز آن استخراج می‌شود که در ایران از این روش استفاده می‌شود.
- ✓ فرآیند پخش: اورانیوم را با گاز فلوئور ترکیب می‌کنند (uf_6) ایزوتوپ ($^{235}_{92}u$) به دلیل ابعاد کوچک‌تر و سبک‌تر بودن از غشای نازک گازی عبور کرده و با تکرار این فرآیند درجه خلوص ($^{235}_{92}u$) بالا می‌رود.

راکتور هسته‌ای:

دستگاهی است که در آن واکنش هسته‌ای صورت می‌گیرد و انرژی آزاد شده در فرآیند شکافت به صورت‌های دیگر انرژی تبدیل می‌شود.

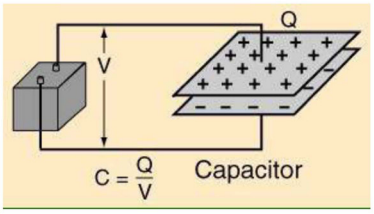


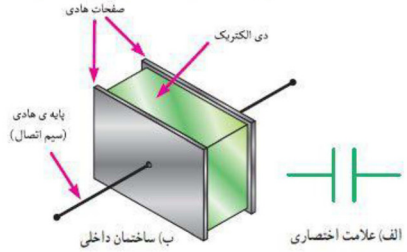
نکته: در راکتورهای هسته‌ای از گرافیت به‌عنوان کند کننده نوترون استفاده می‌شود.

نکته: در راکتورهای هسته‌ای برای کنترل و مهار انرژی هسته‌ای آزاد شده از میله‌های کنترل که از جنس بور، کادمیم هستند استفاده می‌کنیم.

نکته: در راکتور هسته‌ای از دو منبع آب به صورت جداگانه استفاده می‌شود تا مواد پرتوزا وارد توربین نشوند.

- جرم بحرانی: جرمی است که برای آن هر شکافت به طول میانگین شکافت دیگری را به وجود می‌آورد.
- جرم زیر بحرانی: جرمی است که در آن واکنش زنجیره‌ای ادامه نمی‌یابد.
- جرم فوق‌بحرانی: جرمی است که در آن واکنش زنجیره‌ای به‌صورت انفجاری رشد می‌کند.



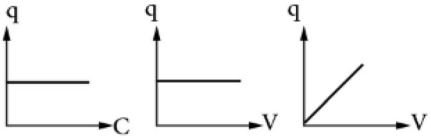


$$C_T = \frac{K\varepsilon_0 A}{d}$$

$$\frac{q}{V} = \text{مقدار ثابت} = C$$

که در آن q بار بر حسب (C) ، V اختلاف پتانسیل بر حسب (V) و C ظرفیت برحسب (F) می‌باشد.

نکات برجسته:



۱. C خازن به q , V دو سر آن بستگی ندارد.

۲. رابطه تناسبی: $\frac{KA}{d}$ یا $\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$

۳. هرگاه خازنی به مولد وصل باشد ولتاژ دو سر آن (V) ثابت می‌ماند.

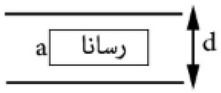
۴. هرگاه خازنی پر شده ای را از مولد جدا کنیم بار آن (q) ثابت می‌ماند.

۵. انرژی ذخیره شده در خازن $u = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{q^2}{2c}$

*در اتصالات موازی خازن ها بهتر است از رابطه $u = \frac{1}{2}CV^2$ و در اتصالات سری و مختلط بهتر است از رابطه $u = \frac{q^2}{2c}$ استفاده کنیم.

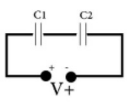
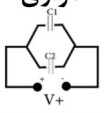
۶. میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات خازن: $E = \frac{V}{d} = \frac{q}{K\varepsilon_0 A} = \frac{\delta}{k\varepsilon_0}$

۷. اگر بین دو صفحه خازن یك تیغه فلزی به ضخامت a قرار دهیم ظرفیت خازن افزایش یافته و با رابطه مقابل تعیین می‌شود.

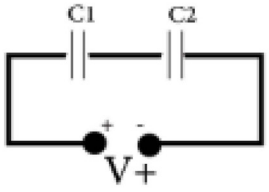


$$C = \frac{K\varepsilon_0 A}{d - a}$$

ولتاژ و ظرفیت و بار در خازنهای متواری و موازی

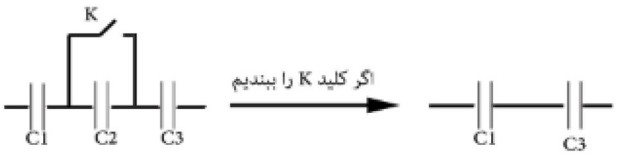
نکته طلایی	N خازن مشابه C	ظرفیت معادل	ولتاژ	بار	اتصال
تکنیک هم وزن: Cu , CV همه خازنها یکسان است.	$\frac{C}{n}$	$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$V_T = V_1 + V_2$	$q_T = q_1 = q_2$	سری 
بازی با q: $q \propto C$	nC	$C_T = C_1 + C_2$	$V_T = V_1 = V_2$	$q_T = q_1 + q_2$	موازی 

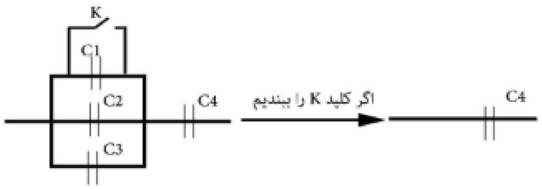
***برای دو خازن C_1 , C_2 متوالی داریم :**



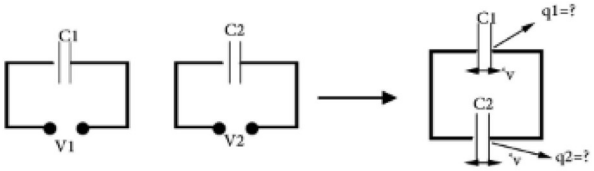
$$\begin{cases} C_T = \dfrac{C_1C_2}{C_1+C_2} \text{ یا } C_T = \dfrac{\text{بزرگه}}{n+1} \\ V_1 = \dfrac{C_2}{C_1+C_2}V_T \, , V_2 = \dfrac{C_1}{C_1+C_2}V_T \end{cases}$$

*** اتصال کوتاه در خازن ها :**





***اتصال صفحات خازن ها به یکدیگر**



ولتاژ مشترک دو خازن پس از اتصال: $V' = \left|\dfrac{C_1V_1 \pm C_2V_2}{C_1+C_2}\right|$

مثبت برای صفحات هم نام و منفی برای صفحات ناهم نام

بار خازن‌ها پس از اتصال: $\begin{cases} q_1' = C_1V' \\ q_2' = C_2V' \end{cases}$

انرژی خازن‌ها پس از اتصال: $u' = \dfrac{1}{2}(C_1+C_2)V'^2$

انرژی دو خازن قبل از اتصال: $u = \dfrac{1}{2}C_1V_1^2 + \dfrac{1}{2}C_2V_2^2$

*** $u' < u$**

*** اگر خازنی با ظرفیت C را با ولتاژ V پر کرده و سپس دو سر آن را به خازن خالی مشابه با خودش وصل کنیم بارش نصف و انرژی ذخیره شده در آن $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود و انرژی مجموعه دو خازن پس از اتصال نصف انرژی خازن قبل از اتصال می‌شود.**

فشار

بزرگی نیرویی است که به طور عمود بر یکای سطح وارد می‌شود.

$$P = \frac{F_\perp}{A} = \frac{N}{A}$$

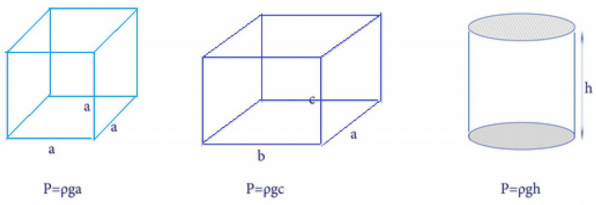
نکته: فشار کمیتی است نردهای و یکای آن در SI، $\frac{N}{m^2}$ می‌باشد که پاسکال نامیده می‌شود.

که در آن P فشار، $F_\perp$ نیروی عمودی (N) و A مساحت (m^2) و N نیروی عمودی تکیه‌گاه است.

نکته: $p_{max} = \frac{F_\perp}{Amin}$ ، $p_{min} = \frac{F_\perp}{A_{max}}$

نکته: فشار حاصل از جامدات منشوری از رابطه مقابل بدست می‌آید: $P = \rho gh$

که در آن P فشار و ρ چگالی جامد و h ارتفاع قائم می‌باشد.

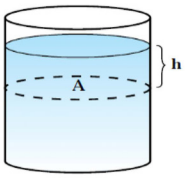


نکته: در یک مکعب مستطیل به ابعاد c, b, a $(c>b>a)$ $\frac{p_{max}}{p_{min}} = \frac{c}{a}$

فشار مایع

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{pvg}{A} = \frac{\rho Ahg}{A} = \rho gh$$

$P = \rho gh$



فشار مایع در کف ظرف از رابطه $P = \rho gh$ به دست می‌آید که به شکل ظرف و مساحت کف ظرف بستگی ندارد.

که در آن P فشار هوا برحسب پاسکال، ρ چگالی مایع $\frac{kg}{m^3}$ و g شتاب گرانشی $\frac{N}{kg}$ و h ارتفاع بر حسب متر است.

نکته: فشار مایع در کف ظرف در آسانسور: $P = \rho(g \pm a)h$

⊕ وقتی آسانسور تند شونده روبه بالا و کند شونده رو به پایین

⊖ وقتی آسانسور کند شونده روبه پایین و تند شونده روبه پایین حرکت می‌کند.

- اگر کابل آسانسور قطع شود و آسانسور سقوط آزاد کند.

$$\underset{\text{مایع در کف}}{P} = 0 \Leftarrow \underset{\text{آسانسور}}{a} = g$$

فشار کل در کف ظرف

$$P = P_\circ + \rho gh$$

نکته: فشار در عمق h متری از سطح آب دریاچه‌ای از رابطه مقابل به دست می‌آید. $P_h = \left(\frac{h}{10} + 1\right) p_0$

نکته: نسبت فشار کل در عمق $2h$ متری به فشار کل در عمق h متری یک مایع

$$\begin{aligned} P_h &= p_0 + \rho gh \\ P_{2h} &= p_0 + \rho g(2h) \end{aligned} \rightarrow 1 < \frac{P_{2h}}{P_h} < 2 \text{ یا } P_h < P_{2h} < 2P_h$$

نکته: اختلاف فشار بین دو نقطه در درون یک مایع محصور ساکن فقط تابع اختلاف ارتفاع قائم بین دو نقطه می‌باشد و ربطی به فشار هوا ندارد.

$$\Delta P = \rho g \Delta h$$

نکته: p_0 را فشار هوا گویند که به علت وزن ستون هوایی است که بالای سر ما قرار دارد، پس هر چه از سطح زمین بالاتر رویم فشار هوا کاهش می‌آید.

$$P_h = p_0 - \rho g h$$

که در آن P_h فشار در ارتفاع h از سطح زمین و p_0 فشار هوا و ρ چگالی متوسط هوا و h ارتفاع (m) می‌باشد.

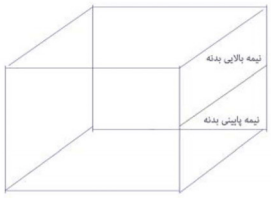
تقریباً تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری از سطح زمین به ازای هر ۱۰ متر که بالاتر می‌رویم فشار هوا به اندازه ۱ میلی‌متر جیوه کاهش می‌یابد.

تکنیک جایگزینی

تنها مایعی که ارتفاع آن برحسب cm فشار محسوب می‌شود جیوه می‌باشد.

$$\rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}}$$

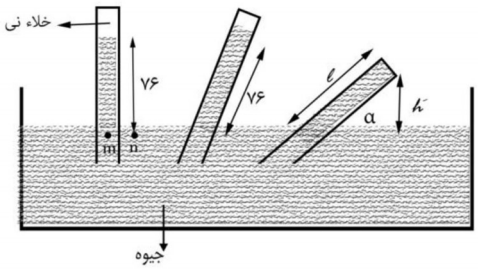
نیروی وارد بر کف ظرف و نیروی وارد بر بدنه ظرف از طرف مایع



$$\begin{cases} F_{\text{کف}} = \rho A_{\text{کف}} = \rho g h A_{\text{کف}} \\ F_{\text{بدنه}} = \overline{\rho} A = \dfrac{\rho_1 + \rho_2}{2} A_{\text{بدنه}} = \dfrac{1}{2} \rho g h A_{\text{بدنه}} \\ \dfrac{F_{\text{نیمه پایین بدنه ظرف}}}{F_{\text{نیمه بالای بدنه ظرف}}} = 3 \end{cases}$$

نکته: مقایسه نیروی وارد بر کف ظرف‌هایی با شکل‌های مختلف هر ظرفی که (Ah) آن بیشتر باشد نیروی وارد بر کف آن ظرف بیشتر است.

آزمایش توریچلی و محاسبه فشار هوا



اگر فشار هوا $\mathbf{P_0 = 76cmHg}$ باشد ارتفاع قائم جیوه در لوله باید $76cm$ باشد، اگر ارتفاع قائم جیوه در لوله کمتر از مقدار $\mathbf{P_0}$ باشد به انتهای لوله فشار و نیرو وارد می‌کند.

$$P = P \rightarrow p_0 = \underbrace{\rho}_{\text{جیوه}} gh = 13600 \times 10 \times 0.76 \approx 10^5 pa$$

در نتیجه فشار وارد بر ته لوله به فرمول زیر در می‌آید:

$$\boldsymbol{P = p_0 - h'}$$

نکته: نیروی وارد بر ته لوله نیز از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\boldsymbol{F = PA}$$

که در آن F بر حسب (N) و P نیروی وارد بر ته لوله $p(a)$ و A مساحت ته لوله بر حسب (m^2) است.

نکته: اگر آزمایش توریچلی را به جای جیوه با آب انجام دهیم طول ارتفاع ستون آب در لوله تقریباً به ۱۰ متر خواهد رسید.

$$\rho_{آب} h_{آب} = \rho_{جیوه} h_{جیوه} \Rightarrow 1000 \times h_{آب} = 13600 \times 0.76 \Rightarrow h_{آب} \approx 10m$$

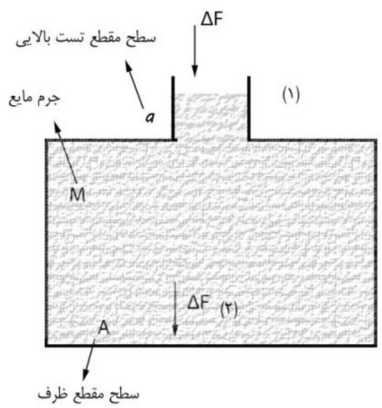
نکته:

$$P_0 = 10^5 pa = 1atm = 76cmHg = 760mmHg \approx 10mH_2O$$

اصل پاسکال

تغییرات فشار (افزایش و یا کاهش فشار) وارد بر هر قسمت از یک مایع محصور ساکن بدون کاهش به تمامی قسمت‌های مایع از جمله کف ظرف و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود.

حالت (۱): ظرف با دو سطح مقطع مختلف



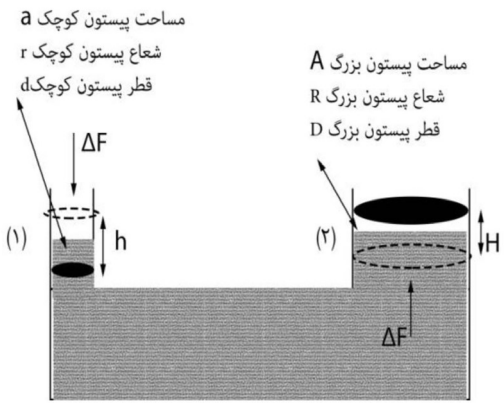
طبق اصل پاسکال:

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 \qquad \frac{\Delta f}{a} = \frac{\Delta F}{A} \rightarrow \Delta F = \left(\frac{A}{a}\right)\Delta f$$

که در آن ΔF افزایش نیروی وارد بر کف ظرف و Δf ، mg یا pvg می‌باشد.

توجه کنید اگر ظرف بی‌جرم باشد و آن را بر روی ترازو قرار دهیم، ترازو قبل از اضافه کردن مایع، Mg و پس از اضافه کردن مایع $(M+m)g$ را نشان می‌دهد در حقیقت این ظرف مانند اهرمی عمل می‌کند که مزیت مکانیکی آن $\frac{A}{a}$ است و اگر مایعی به وزن mg به قسمت بالای آن اضافه شود. افزایش نیروی وارد بر کف ظرف $\frac{A}{a}$ برابر وزن مایع شده خواهد بود.

حالت(۲): بالابر هیدرولیکی (منگنه روغنی):



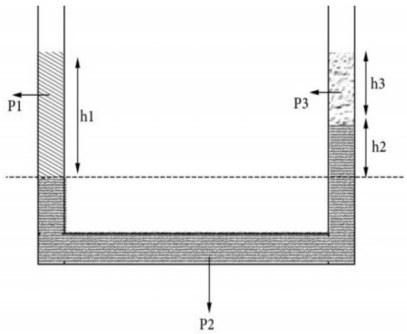
طبق اصل پاسکال:

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 \Rightarrow \frac{\Delta f}{a} = \frac{\Delta F}{A} \Rightarrow$$
$$\frac{\Delta F}{\Delta f} = \left(\frac{A}{a}\right) = \left(\frac{R}{r}\right)^2 = \left(\frac{D}{d}\right)^2 = \frac{h}{H}$$

حجم مایع جا به جا شده در دو طرف برابر است $V_1 = V_2 \rightarrow ah = AH \Rightarrow \frac{A}{a} = \frac{h}{H}$

لوله‌های u شکل

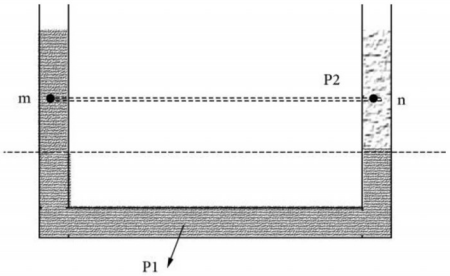
در لوله سه مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 ریخته شده است، چون مایع ρ پایین‌ترین مکان را اشتغال کرده است چگالی آن از دو مایع دیگر بیشتر است.



طبق اصل هم‌فشاری در نقاط هم‌تراز در درون یک مایع داریم:

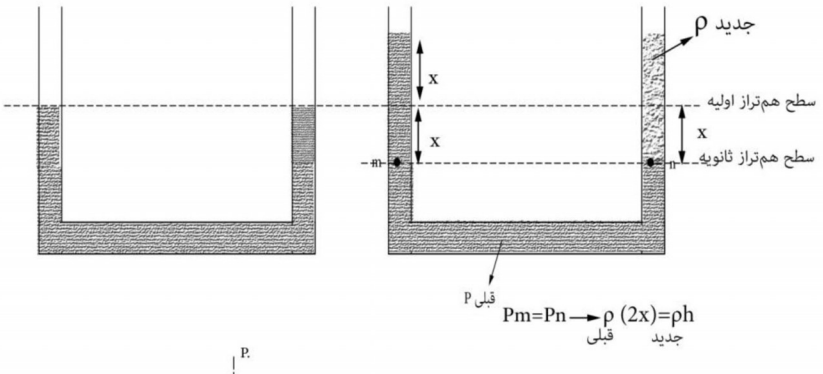
$$P_m = P_n \rightarrow p_0 + \rho_1 gh = p_0 = \rho_2 gh_2 + \rho_3 gh_3 \rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$$

نکته: **هرگاه دو نقطه هم‌تراز در درون دو مایع مختلف داشته باشیم فشار در نقطه‌ای که داخل مایع کم چگال‌تر است بیشتر از نقطه دیگر است.**

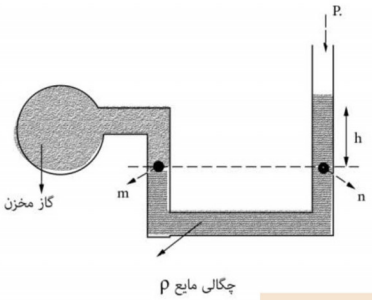


$$\rho_1 > \rho_2 \Rightarrow p_N > p_M$$

نکته: **در لوله u شکل (۱) مطابق شکل مایع در تعادل است. هرگاه به سمت راست لوله مایعی به ارتفاع h و به چگالی جدید ρ اضافه کنیم سطح مایع اولیه در سمت چپ به اندازه x از سطح تراز لوله‌اش بالا خواهد رفت و داریم:**



فشارسنج



طبق اصل هم‌فشاری داریم: $P_m = P_N$

و داریم: $P = p_0 + \rho gh$

که در آن P فشار گاز (p_0) و ρ چگالی مایع برحسب $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$ است.

- **برای فشار پیمانه‌ای نیز می‌توان به صورت مقابل نوشت:** $p - p_0 = \rho gh$

توجه کنید که فشار نمی‌تواند صفر یا منفی باشد ولی **فشار پیمانه‌ای** می‌تواند **صفر- مثبت یا منفی** باشد.

چگالی

$$\rho_{\text{چگالی}\left(\frac{kg}{m^3}\right)} = \frac{\overbrace{m}^{\text{جرم}\,(kg)}}{\underbrace{v}_{\text{حجم}\,(m^3)}}$$

(جرم حجمی): جرم یک متر مکعب از هر جسم چگالی (ρ) نامیده می‌شود.

❖ چگالی کمیتی است نرده‌ای و یکای آن در SI ، $\frac{kg}{m}$ می‌باشد.

❖ یکاهای چگالی $\frac{kg}{lit}$ ، $\frac{g}{cm^3}$ $\frac{kg}{m^3} = \frac{g}{lit}$

به خاطر بسپارید که:

$$1m^3 = 10^3 lit = 10^6 cm^3 \qquad \frac{g}{cm^3} \xrightarrow{\times 1000} \frac{kg}{m^3}$$
$$1lit = 10^3 cm^3 = 10^3 cc$$

❖ چگالی یک ماده مستقل از ابعاد جسم است و فقط به جنس ماده بستگی دارد.

چگالی مخلوط یا آلیاژ

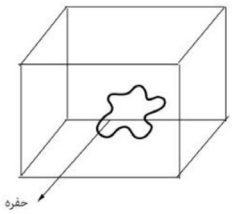
$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{v_1 + v_2 \pm \Delta v} \qquad \begin{matrix} + \text{ افزایش حجم} \\ - \text{ کاهش حجم} \end{matrix}$$

اگر تغییر حجم ناشی از اختلاط ناچیز باشد از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\Delta v = 0 \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{v_1 + v_2} \rightarrow \begin{cases} \text{اگر: } m_1 = m_2 \rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \dfrac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \\ \text{اگر: } v_1 = v_2 \rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \dfrac{\rho_1 + \rho_2}{2} \end{cases}$$

❖ **چگالی جسم حفره‌دار: در این حالت معمولاً حجم ظاهری جسم یا با روابط ساده هندسی و یا با استفاده از مقداری که جسم سطح یک مایع را بالا می‌برد تعیین می‌شود، و حجم واقعی جسم با داشتن چگالی و جرم جسم محاسبه می‌شود.**

حجم واقعی − حجم ظاهری = حجم حفره



نور: صورتی از انرژی است که به صورت موجی و ذره‌ای ظاهر می‌شود.

پرتو نور: باریکه بسیار نازك نور است.

انواع دسته پرتوهای نور:

۱. موازی

۲. همگرا

۳. واگرا

اجسام از لحاظ عبور نور:

۱. شفاف

۲. نیمه شفاف

۳. کدر

٤. انواع چشمه نور:

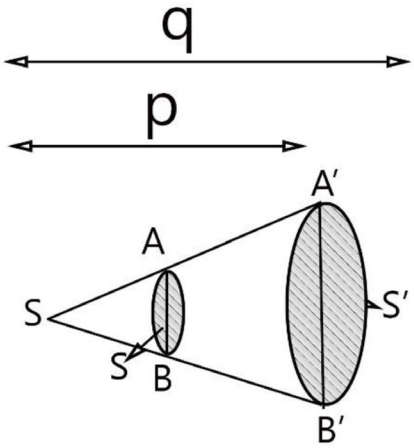
۱. **نقطه‌ای** ← فقط سایه تشکیل می‌دهد.

۲. **گسترده** ← علاوه بر سایه، نیم سایه هم تشکیل می‌دهد.

قضیه: نور به خط راست منتشر می‌شود.

تشکیل سایه و نیم‌سایه – وجود مرز مشخص بین سایه و نیم‌سایه – پدیده‌هایی مانند خورشید گرفتگی (کسوف) و ماه‌گرفتگی (خسوف) نشان می‌دهند که نور به خط راست منتشر می‌شود.

تشکیل سایه حاصل از چشمه نقطه‌ای نور:



$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p}$$

$$\frac{s'}{s} = \left(\frac{q}{p}\right)^2$$

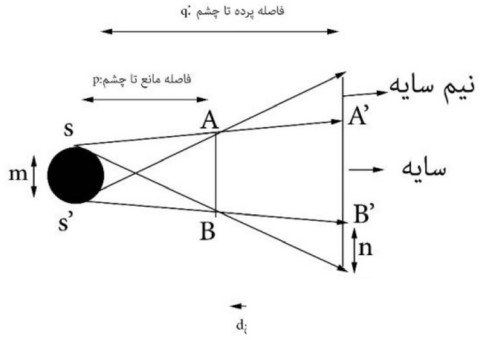
$A'B'$: طول (قطر) سایه

AB : طول (قطر)مانع

s': مساحت سایه

s: مساحت مانع

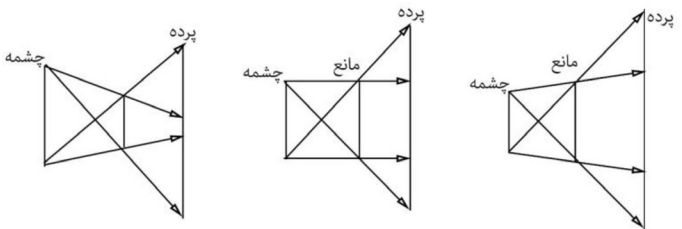
تشکیل سایه و نیم سایه حاصل از چشم گسترده نور:



$$\frac{A'B'+n}{AB}=\frac{q}{p}$$
$$\frac{m}{n}=\frac{p}{d}$$

که در آن m پهناش چشم و n پهنای نیم سایه است.

برحسب ابعاد چشم و جسم کدر سه حالت زیر را داریم:

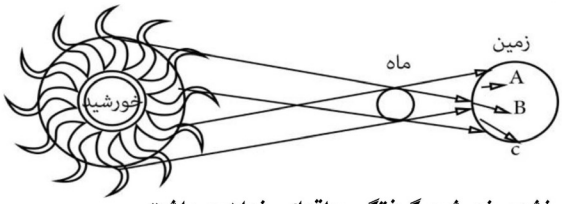


توجه داشته باشیم که حرکت چشمه و پرده را همواره هم جهت و حرکت مانع و پرده را همواره مختلف‌الجهت بگیریم:

نکته: در هر سه حالت فوق با صرف نظر از ابعاد چشم و مانع هرگاه پرده به مانع نزدیک و یا چشمه از مانع دور شود ابعاد نیم سایه همواره کاهش می‌یابد.

خورشید گرفتگی (کسوف):

هرگاه ماه و خورشید و زمین در یک راستا باشند و ماه بین زمین و خورشید واقع شود.



برای ناظر A خورشید گرفتگی جزئی است.

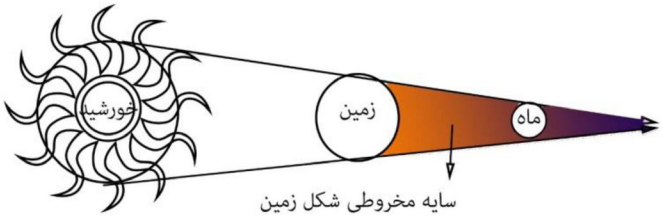
برای ناظر B خورشید گرفتگی کامل است.

برای ناظر C خورشید گرفتگی جزئی است.

- **هرگاه فاصله ماه از زمین چنان باشد که دیگر بر روی زمین سایه کامل تشکیل نشود خورشید گرفتگی حلقه‌ای خواهیم داشت.**

ماه‌گرفتگی (خسوف):

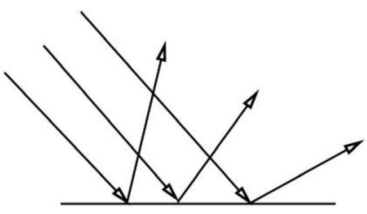
هرگاه ماه و زمین و خورشید در یک راستا باشند و زمین بین ماه و خورشید واقع شود، در اینصورت ماه در سایه مخروطی زمین قرار می‌گیرد.



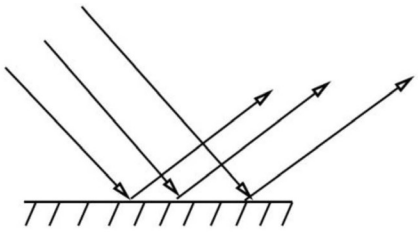
سایه مخروطی شکل زمین

آینه‌ها

بازتاب: برگشت نور از سطح اشیا را بازتاب می‌گویند و با توجه به جنس سطح به دو صورت منظم و نامنظم صورت می‌گیرد.

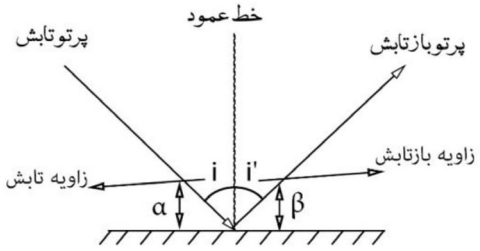


بازتاب نامنظم (پخش نور)



بازتاب منظم (آینه‌ای)

قوانین بازتاب:



در بازتاب از هر سطحی چه صاف و چه ناصاف

۱. همواره زاویه تابش (i) با زاویه بازتابش (i') برابر است.

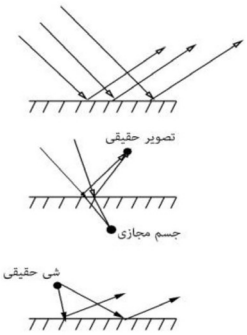
۲. پرتو تابش و پرتو بازتابش و خط عمود هر سه در یک صفحه‌اند.

نکته ۱: در بازتاب از هر سطحی $\leftarrow i = i'$

نکته ۲: زاویه بین پرتو تابش با پرتو بازتابش برابر است با $2i$

نکته ۳: $\begin{cases} i + \alpha = 90 \\ i' + \beta = 90 \end{cases} \xrightarrow{i=i'} \alpha = \beta$

آینه تخت:



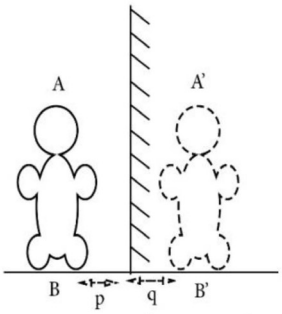
هر سطح صاف و صیقلی را آینه تخت می‌گویند.

نکته ۱: هرگاه دسته پرتو موازی به آینه تخت بتابد موازی برمی‌گردد.

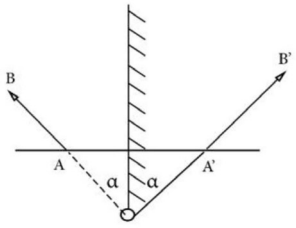
نکته ۲: هرگاه دسته پرتو همگرا به آینه تخت بتابد همگرا برمی‌گردد.

نکته ۳: هرگاه دسته پرتو واگرا به آینه تخت بتابد واگرا می‌گردد.

ویژگی‌های تصویر در آینه تخت:



- **مجازی است یعنی در پشت آینه تشکیل می‌شود و نمی‌توان آن را روی پرده انداخت.**
- **مستقیم است.**
- **طول تصویر با طول جسم برابر است .** $A'B' = AB$
- **فاصله تصویر تا آینه** (q) **با فاصله جسم تا آینه** (p) **برابر است.** $(q = p)$
- **تصویر برگردان جانبی دارد.**
- **زاویه بین جسم و تصویرش در آینه تخت همواره 2 برابر زاویه‌ای است که جسم (امتداد جسم) با سطح آینه می‌سازد.**

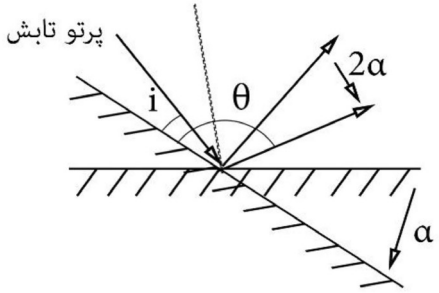


$$\theta = 2\,\alpha$$

نکته: تصویر ساعت در آینه تخت + ساعت = ۱۱/۶۰

دوران آینه تخت:

هرگاه با شرط ثابت ماندن پرتو تابش آینه تخت را به اندازه α **درجه دوران دهیم پرتو بازتابش به اندازه** 2α **درجه و در جهت دوران آینه دوران می‌کند، که بعد از دوران زاویه بین پرتو تابش اولیه و بازتابش از رابطه زیر به دست می‌آید.**



$$\theta = 2(i \pm \alpha)$$

که در آن θ **زاویه پرتو تابش با بازتابش**

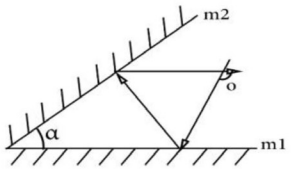
i **زاویه تابش و** α **زاویه دوران آینه می‌باشد.**

+ دوران ساعتگرد آینه

- دوران پادساعتگرد آینه

آینه‌های متقاطع:

در شکل زیر آینه‌ها را آینه‌های متقاطع می‌گویند. هرگاه پرتو پس از تابش به آینه M_1 و بازتاب از آن به آینه M_2 بتابد زاویه انحراف برابر خواهد شد با:



۱. اگر : $\alpha < 90^\circ \rightarrow O = 2\alpha$

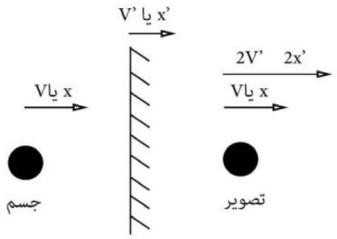
۲. اگر: $\alpha = 90^\circ \rightarrow O = 180^\circ$ (پرتو بازتاب از M_2 و پرتو تابش به M_1 با هم موازی می‌شوند.)

۳. اگر: $\alpha > 90^\circ \rightarrow O = 360 - 2\alpha$

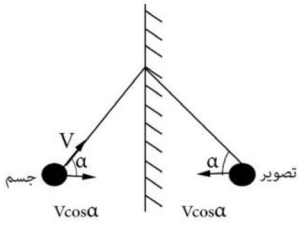
توجه بسیار مهم: زاویه انحراف به زاویه تابش بر سطح آینه M_1 بستگی ندارد.

نکته: اگر پرتوی نوری تحت زاویهٔ α به یکی از دو آینه تخت متقاطع که با هم زاویه α می‌سازند بتابد، منطبق برخوردش بازتاب می‌شود.

سرعت و جابجایی جسم و تصویر در آینه تخت:



نکته: جسم با سرعت V با زاویه α مطابق شکل به آینه ساکن نزدیک می‌شود.

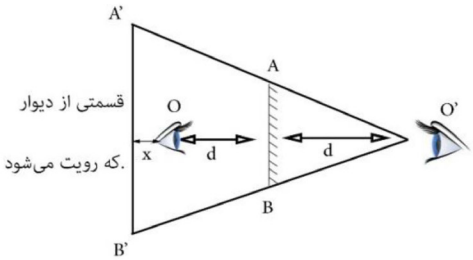


سرعت تصویر نسبت به آینه = $V\cos\alpha$

سرعت تصویر نسبت به جسم = $2V\cos\alpha$

میدان دید در آینه‌های تخت:

فضایی است در جلوی آینه تخت که برای ناظر قابل رؤیت باشد، وسعت میدان دید در آینه به نوع آینه، مساحت آن و فاصله ناظر از آینه وابسته است.



$$\widehat{O'A'B'} \sim \widehat{OA'B}$$

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{2d + x}{d}$$

$A'B'$ قطر میدان دید، AB قطر آینه

$$\frac{S'}{s} = \left(\frac{2d + x}{d}\right)^2$$

S' مساحت میدان دید و s مساحت آینه

d: فاصله شخص تا آینه

d': فاصله تصویر شخص تا آینه

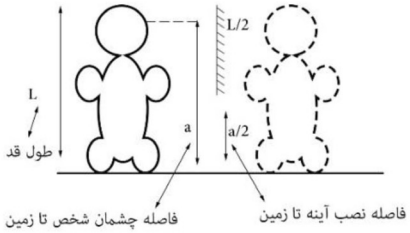
x: فاصله شخص تا دیوار پشت سرش

نکته ۱: با نزدیک شدن به آینه تخت میدان دید افزایش و با دور شدن از آینه میدان دید کاهش می‌یابد.

نکته ۲: قسمتی که از دیوار پشت سر می‌بینیم هم‌شکل آینه خواهد بود.

نکته ۳: اگر زاویه چشم با دور سر آینه تغییر کند (چشم به موازات سطح آینه بالا و پایین رود) قسمتی که در آینه دیده می‌شود عوض می‌شود اما مقدار میدان دید تغییر نمی‌کند.

نکته ۴: حداقل طول آینه تخت برای اینکه شخص به طول قد L بتواند تمام قد خودش را در آینه ببیند برابر $\frac{L}{2}$ است و این موضوع بستگی به فاصله شخص تا آینه ندارد.



❖ **از لحاظ میدان دید ← آینه مقعر > آینه تخت > آینه محدب**

تفاوت آینه‌ها و عدسی‌ها و وجه اشتراک آن‌ها:

۱) حرکت جسم و تصویری در آینه‌ها پیوسته مختلف‌الجهت ولی در عدسی‌ها پیوسته هم‌جهت می‌باشد.

۲) در آینه‌ها هرگاه جسم و تصویر در یک طرف باشند نوع تصویر حقیقی و هرگاه در طرفین آینه باشند نوع تصویر مجازی است ولی در عدسی‌ها هرگاه جسم و تصویر در یک طرف باشند نوع تصویر مجازی و هرگاه در طرفین عدسی باشند نوع تصویر حقیقی است.

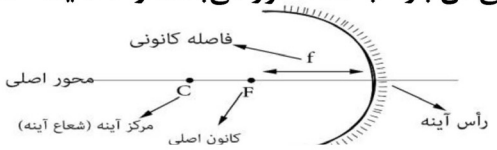
توجه: ویژگی‌های تصویر در آینه کاو (مقعر) به مانند عدسی همگرا (محدب) می‌باشد. ویژگی‌های تصویر در آینه کوژ (محدب) به مانند عدسی واگرا (مقعر) می‌باشد.

عدسی همگرا ≡ آینه کاو

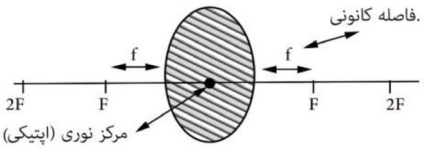
عدسی واگرا ≡ آینه کوژ

آینه مقعر (کاو):

آینه‌ای است که سطح داخلی آن بازتاب‌کننده نور می‌باشد و خاصیت همگرایی دارد و کانون آن حقیقی (در جلوی آینه) می‌باشد. ($f > 0$)

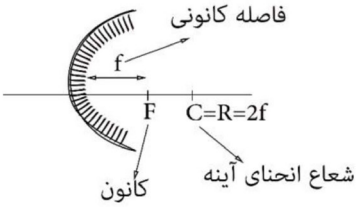


عدسی همگرا:

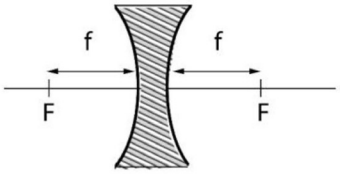


آینه محدب:

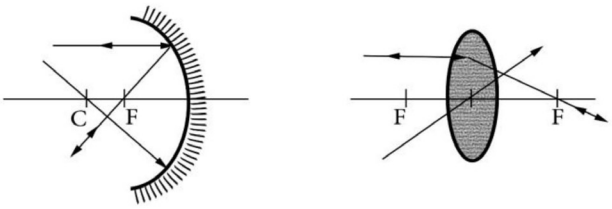
آینه‌ای است که سطح خارجی آن بازتاب‌کننده نور است خاصیت واگرایی دارد و کانون آن مجازی است. ($f < 0$)



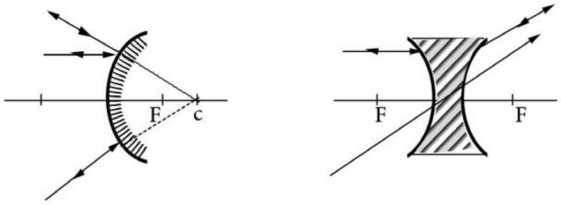
عدسی واگرا:



رسم پرتوهای تابش – بازتابش در آینه‌ها و تابش – شکست در عدسی‌ها



تابش موازی محور اصلی ← شکست از کانون	تابش موازی محور اصلی ← بازتابش از کانون
تابش از کانون ← شکست موازی محور اصلی	تابش از کانون ← بازتابش موازی محور اصلی
تابش از مرکز نوری ← بدون شکست عبور از مرکز نوری	تابش از مرکز ← بازتابش روی خودش



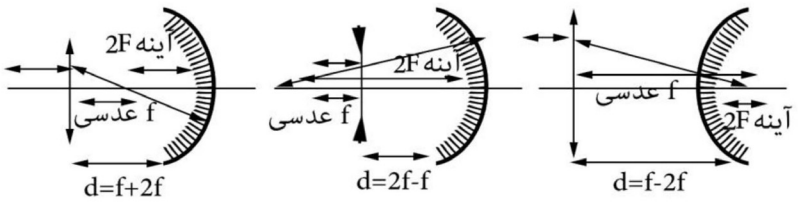
تابش موازی محور اصلی ← تعداد شکست از کانون	تابش موازی محور اصلی ← امتداد بازتابش از کانون
امتداد تابش از کانون ← شکست موازی محور اصلی	امتداد تابش از کانون ← بازتابش موازی محور اصلی
تابش از مرکز نوری ← بدون شکست عبور از مرکز نوری	امتداد تابش از مرکز ← بازتابش روی خودش

تکنیک یک عدسی و یک آینه:

فاصله بین یك آینه و یك عدسی برای آنکه اگر یك پرتو نوری موازی با محور اصلی به عدسی بتابد، پس از انعکاس از آینه بر روی خودش برگردد از رابطه مقابل به دست می‌آید.

$$d = \left| f_{\text{عدسی}} + 2f_{\text{آینه}} \right|$$

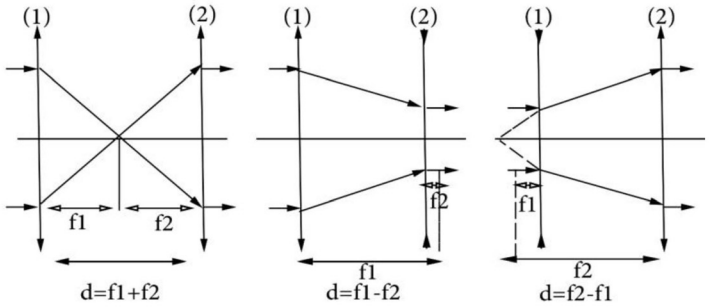
توجه: برای آینه مقعر و عدسی همگرا فاصله کانونی + و برای آینه محدب و عدسی واگرا فاصله کانونی – می‌باشد.



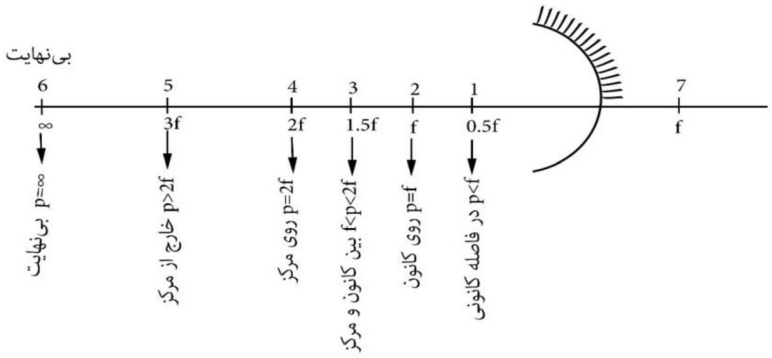
تکنیک دو عدسی: فاصله بین دو عدسی برای آنکه اگر یك دسته پرتو نوری، موازی به یك عدسی برخورد کند و پرتوی خروجی از عدسی دیگر نیز موازی باشد برابر است با

$$d = |f_1 + f_2|$$

توجه : اگر عدسی همگرا بود باید فاصله کانونی آن را + و اگر واگرا بود فاصله کانونی آن را – در نظر می‌گیریم.



تکنیک طلایی شماره‌گذاری در آینه کاو و عدسی همگرا:



نکته طلایی ۱: عدد جسم + عدد تصویر = 8

نکته ۲: از عدد مربوط به محل جسم و محل تصویر هرکدام که بزرگ‌تر باشد بزرگ‌تر و سریع‌تر است.

نکته ۳: حداقل فاصله بین جسم و تصویر حقیقی در آینه کاو برابر $\Delta_{min}=0$ و در عدسی همگرا برابر $\Delta_{min}=4f$ می‌باشد.

نکته ۴: هرگاه با جابجایی جسم مقابل ابزارهای نوری قد تصویر رفته‌رفته بزرگ‌تر شود نوع حرکت تصویر تندشونده و هرگاه قد تصویر رفته رفته کوچک‌تر شود نوع حرکت تصویر کند شونده است.

و یا به‌عبارت‌دیگر:

- هرگاه جسم به کانون ابزارهای نوری نزدیک شود ← نوع حرکت تصویر تند شونده
- هرگاه جسم از کانون ابزارهای نوری دور شود ← نوع حرکت تصویر کند شونده

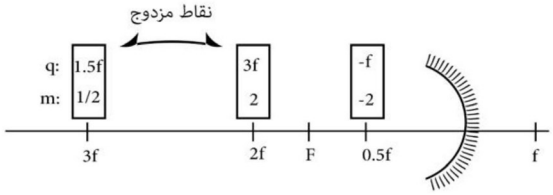
نکته ۵: نقاط مزدوج

هرگاه در مقابل آینه کاو ویژگی عدسی همگرا جسم را به محل تصویر حقیقی‌اش منتقل کنیم تصویر نیز به محل جسم منتقل می‌شود ولی بزرگنمایی برعکس می‌شود.

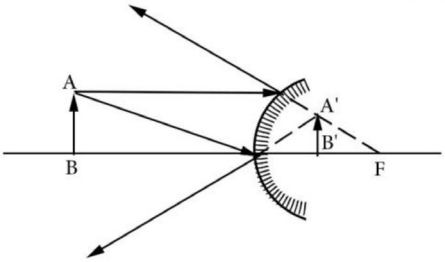
در نقاط مزدوج: $m_1 \times m_2 = 1$ یا $m_2 = \frac{1}{m_1}$

توجه: نقاط مزدوج فقط برای تصاویر حقیقی تعریف می‌شود.

نکته ۶: تکنیک نقاط طلایی

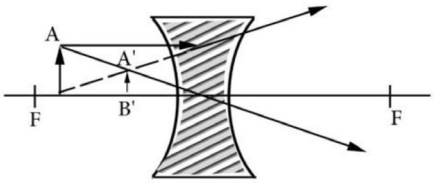


تصویر در آینه کوژ (محدب) و عدسی واگرا:



ویژگی‌های تصویر:

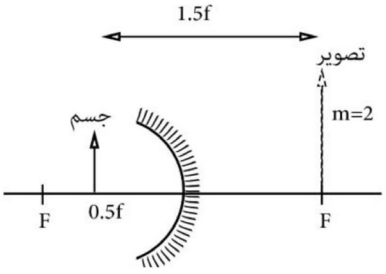
۱. مجازی
۲. مستقیم
۳. کوچک‌تر $(m \leq 1)$
٤. در فاصله کانونی
٥. حداکثر فاصله تصویر تا آینه یا عدسی برابر فاصله کانونی آینه یا عدسی می‌باشد.

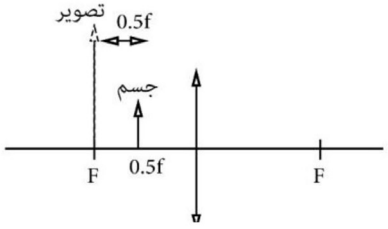


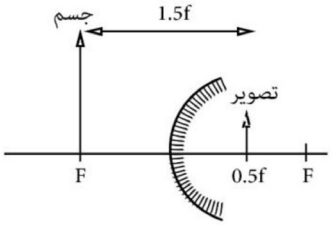
نکته:

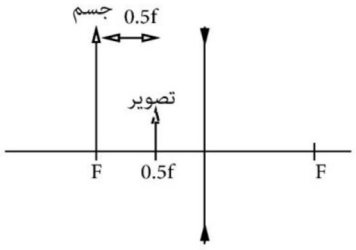
- اگر: $p = f \rightarrow q = \frac{f}{2}, m = \frac{1}{2}$
- اگر: $p = \infty \rightarrow q_{max} = f$

حالات خاص بسیار مهم









فرمول‌ها و روابط آینه‌ها و عدسی‌ها

$$\frac{1}{p} \pm \frac{1}{q} = \pm \frac{1}{f}$$

که در آن + اول در تصاویر حقیقی استفاده می‌شود و + نهایی منظور آینه کاو و عدسی همگرا است و – اول تصاویر مجازی و منفی دوم آینه کوژ و عدسی واگراست.

بزرگنمایی $m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p}$

رابطه سریع:

$$p = nf \text{ یا } \frac{p}{f} = n \rightarrow \begin{cases} m = \frac{1}{|1-n|} , q = \frac{nf}{|1-n|} \\ m = \frac{1}{n+1} , q = \frac{nf}{n+1} \end{cases}$$

که در آن $m = \frac{1}{|1-n|}$ در آینه کاو و عدسی همگرا (تصاویر بزرگ) و $m = \frac{1}{n+1}$ در آینه کوژ و عدسی واگرا (تصاویر کوچك) استفاده می‌شود.

نکات مهم آینه‌ها و عدسی‌ها

تکنیک $m\Delta$: در ابزارهای نوری (آینه‌ها و عدسی‌ها) هرگاه فاصله جسم تا تصویرش Δ و بزرگنمایی m و فاصله کانونی f باشد داریم:

$$\text{در عدسی‌ها} : f = \frac{m\Delta}{(m \pm 1)^2} \qquad \text{در آینه‌ها}: f = \frac{m\Delta}{|m^2 - 1|}$$

که + برای تصاویر حقیقی و – برای تصاویر مجازی (ذره‌بین و عدسی واگرا) استفاده می‌شود.

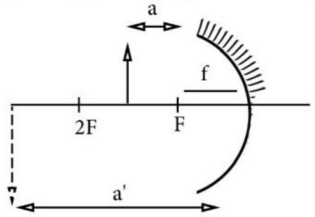
تکنیک Δp: هرگاه با جابه‌جایی جسم مقابل ابزارهای نوری(آینه‌ها و عدسی‌ها) به اندازه ΔP، بزرگنمایی از m_1 به m_2 برسد خواهیم داشت:

$$\text{جابه‌جایی جسم} : \Delta P = f \left| \frac{1}{m_1} \pm \frac{1}{m_2} \right|$$
$$\text{جابه‌جایی تصویر}: \Delta q = f|m_1 \pm m_2|$$

\+ هرگاه نوع تصویر عوض شود.

\- هرگاه نوع تصویر عوض نشود.

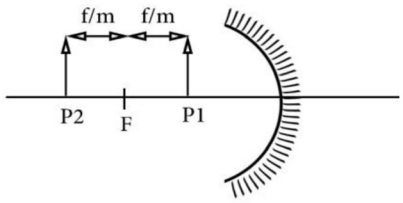
تکنیک نیوتن: در ابزارهای نوری (آینه‌ها و عدسی‌ها) هرگاه فاصله جسم تا کانون را با a و فاصله تصویر تا کانون a' و فاصله کانونی f باشد داریم:



$$f^2 = aa' \text{ یا } f = \sqrt{aa'}$$
$$f = ma , m = \frac{a'}{f}$$

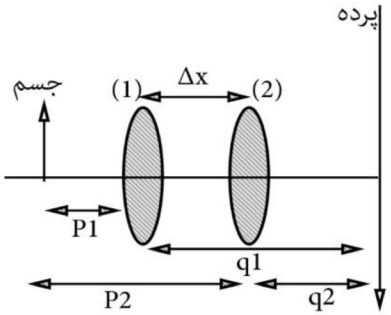
توجه: در عدسی همگرا کانون شیء در طرف شیء و کانون در طرف تصویر است ولی در عدسی واگرایی موضوع برعکس می‌باشد.

تکنیک بزرگنمایی‌های برابر: دو آینه کاو و عدسی همگرا در فواصل مساوی و متقارن حول f دو تصویر بزرگ‌تر از جسم با یك بزرگنمایی تشکیل می‌شود.



$$\begin{cases} P_1 = f - \frac{f}{m} \\ P_2 = f + \frac{f}{m} \end{cases}$$

تکنیک دو تصویر در عدسی همگرا: یک عدسی همگرا با فاصله کانونی f در دو حالت می‌تواند از یک جسم حقیقی تصویر حقیقی روی پرده‌ای به فاصله L از جسم تشکیل می‌دهد یکی بزرگ‌تر با بزرگنمایی m_1 و دیگری کوچک‌تر با بزرگنمایی m_2 که هرگاه فاصله بین دو وضعیت عدسی را با Δx نشان دهیم داریم:



$$\Delta x = L\sqrt{1-\frac{4f}{L}}$$

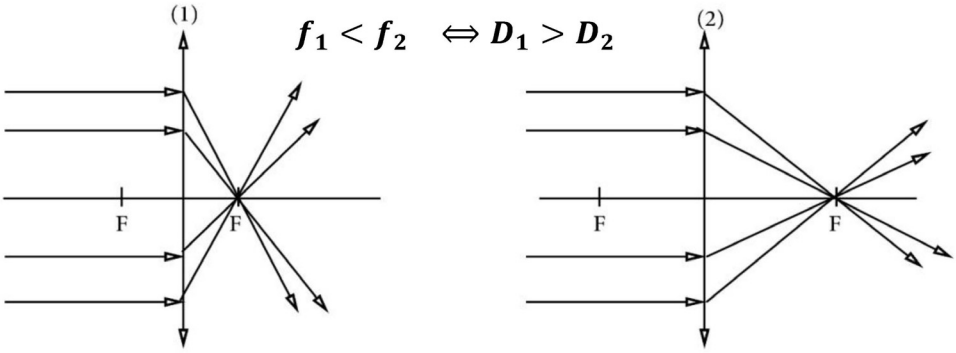
$$m_1 \times m_2 = 1$$

در بین دو حالت $\begin{cases} P_1 = q_2 \\ P_2 = q_1 \end{cases}$

توان عدسی (نمره عینک) توانایی یک عدسی را در جمع کردن پرتوهای نورانی توان عدسی می‌گویند که برابر عکس فاصله کانونی است.

$$D = \frac{1}{f(m)} \text{ یا } D = \frac{100}{f(cm)}$$

که در آن D توان و f فاصله کانونی است.

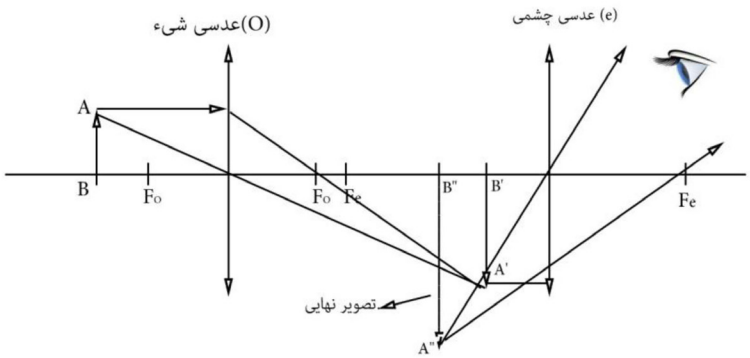


$$f_1 < f_2 \Leftrightarrow D_1 > D_2$$

نکته: توان برای عدسی‌های همگرا + و برای عدسی‌های واگرا – است.

دستگاه‌های نوری:

1. میکروسکوپ ← ساختمان اصلی میکروسکوپ دو عدسی همگرای هم محور است. یک عدسی شیء (با فاصله کانونی حدود چند mm) و دیگری عدسی چشمی (با فاصله کانون حدود چند cm)



نکات برجسته میکروسکوپ:

۱) در میکروسکوپ $f_e > f_o \leftrightarrow D_o > D_e$

۲) تصویری که عدسی شیءای تشکیل می‌دهند حقیقی – وارونه – بزرگ‌تر و در فاصله کانونی عدسی چشمی می‌باشد.

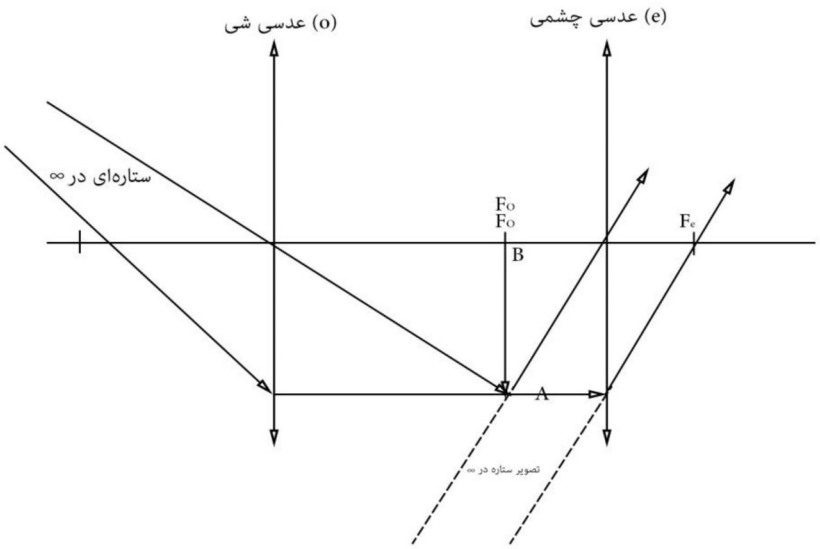
۳) تصویر نهایی در میکروسکوپ نسبت به شیء مجازی –وارون و بزرگ‌تر می‌باشد.

۴) بزرگنمایی نهایی میکروسکوپ : $m_{\text{نهایی}} = m_o \times m_e$ یا $\frac{A"B"}{AB} = \frac{A"B"}{A'B'} \times \frac{A'B'}{AB}$

۵) روابط مربوط به عدسی‌های میکروسکوپ

$$\begin{cases} \frac{1}{p_o} + \frac{1}{q_o} = \frac{1}{f_o} \leftarrow \text{در عدسی شیء} \\ \frac{1}{p_e} - \frac{1}{q_e} = \frac{1}{f_e} \leftarrow \text{در عدسی چشمی} \end{cases}$$

2. **تلسکوپ (دوربین نجومی): این وسیله نیز مانند میکروسکوپ از دو عدسی همگرای هم محور درست شده است. یکی عدسی شیء با فاصله کانونی حدود متر (m) و دیگری عدسی چشمی با فاصله کانونی حدود چند سانتی متر (cm)**



نکات برجسته تلسکوپ:

۱) $f_o > f_e \rightarrow D_e > D_2$

۲) تصویر نهایی در تلسکوپ مجازی - وارون و کوچک‌تر از شیء است.

۳) طول لوله دوربین نجومی = $L = f_o + f_e$

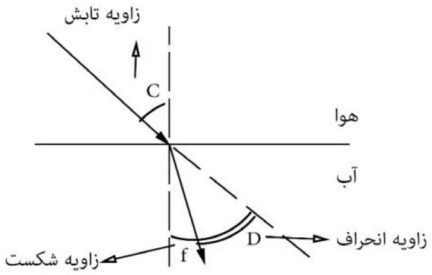
۴) اگر به هر نحوی فاصله دو عدسی تغییر کند به طوری که فواصل کانونی بر هم منطبق نشوند تصویر کوچک‌تر دیده می‌شود.

۵) بزرگنمایی دوربین نجومی نشانگر قدرت تفکیک آن است.

$$m = \frac{\theta_e}{\theta_o} \text{ یا } m = \frac{f_o}{f_e}$$

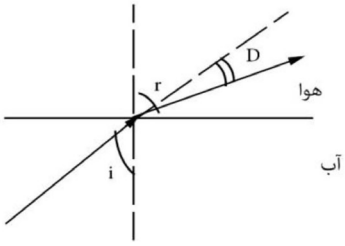
شکست نور

وقتی نور به طول مایل از یك محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگری می‌شود هنگام عبور از سطح جداکننده دو محیط مسیر آن تغییر می‌کند، این پدیده را شکست نور می‌گویند.

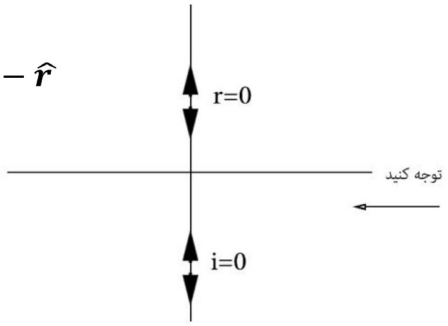


نکته: هرگاه پرتو تابش از محیط رقیق به غلیظ بتابد پرتو شکست به خط عبور نزدیك می‌شود.

نکته: هرگاه پرتو تابش از محیط غلیظ به رقیق بتابد پرتو شکست از خط عبور دور می‌شود.



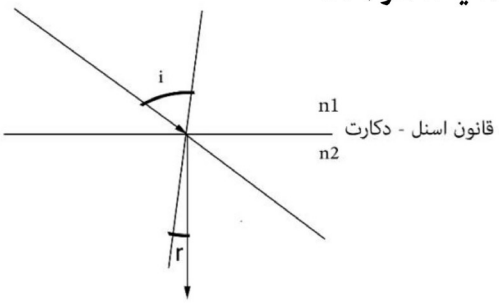
$$\hat{i} > \hat{r} \ , \hat{D} = \hat{i} - \hat{r}$$



نکته: علت شکست نور تغییر سرعت نور در دو محیط است.

$$\text{ضریب شکست}: n = \frac{c}{v} \rightarrow n \propto \frac{1}{V} \text{ یا } \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

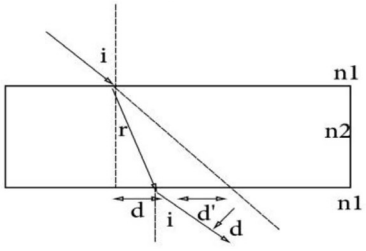
نکته: هرچه محیطی ضریب شکستش بیشتر باشد محیط غلیظتر و سرعت نور در آن محیط کمتر است.



$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

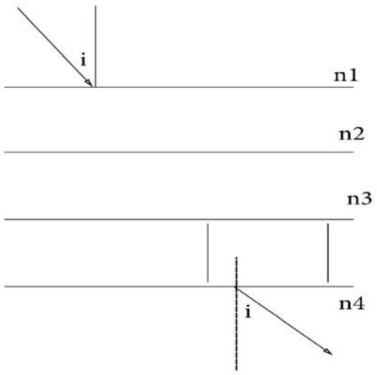
تیغه متوازی‌السطوح:

نکته: هرگاه محیط طرفین تیغه یکسان باشد زاویه خروجی از تیغه $\hat{\imath}'$ با زاویه ورودی به تیغه $\hat{\imath}$ برابر است یعنی پرتوهای خروجی و ورودی موازی‌اند. $\hat{\imath}' = \hat{\imath}$



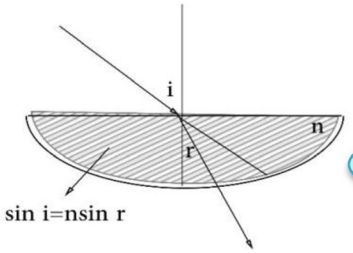
$$d = e \tan r$$
$$d' = e\,(\tan i - \tan r)$$

نکته: اگر چند تیغه مطابق شکل باشند بدون توجه به تیغه‌های میانی داریم:



$$n_1 \sin i = n_4 \sin i'$$

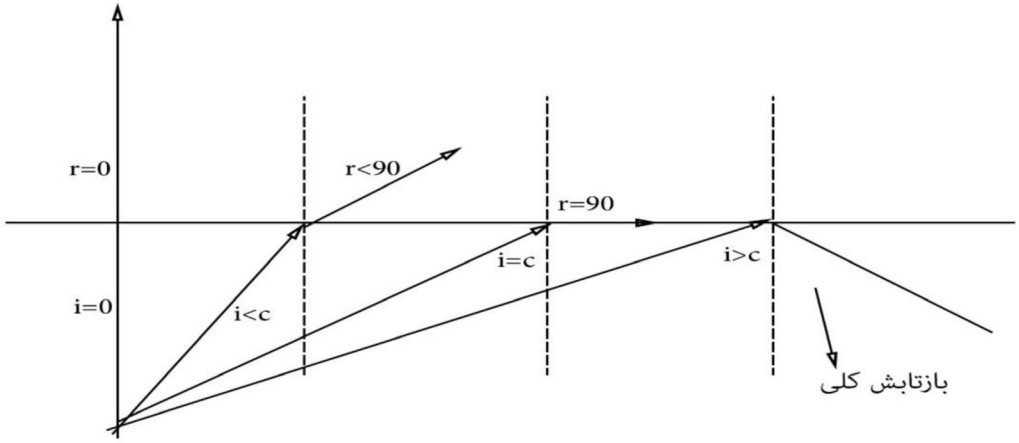
نکته: هرگاه پرتو به مرکز تیغه شیشه‌ای بتابد پرتو شکست به سطح نیم‌دایره‌ای شیشه‌ای عمود می‌شود و بدون انحراف خارج می‌شود.



زاویه انحراف $D = i - r$

زاویه حد – بازتابش کلی:

پرتو تحت هر شرایطی از محیط رقیق وارد محیط غلیظ می‌شود ولی برای ورود پرتو از محیط غلیظ به محیط رقیق شرایطی لازم است.



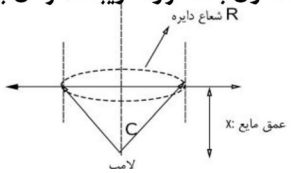
نکته: بازتابش کلی و زاویه حد در محیط‌های غلیظ دارای مفهوم می‌باشند.

نکته: رابطه زاویه حد با ضریب شکست:

$$\sin c = \frac{\text{ضریب شکست محیط رقیق}}{\text{ضریب شکست محیط غلیظ}}$$

اگر محیط رقیق هوا باشد $n = 1 \rightarrow \sin c = \frac{1}{n} \rightarrow \begin{cases} n = 2 \leftrightarrow c = 30^\circ \\ n = \sqrt{2} \leftrightarrow c = 450^\circ \\ n = \frac{2\sqrt{3}}{3} \leftrightarrow c = 60^\circ \end{cases}$

نکته: اگر لامپ کوچکی در عمق x از مایعی که زاویه حد آن نسبت به هوای c می‌باشد قرار داشته باشد و ناظری به طور تقریباً عمودی به مایع نگاه کند قرص روشنی در سطح آب می‌بیند که شعاع آن از رابطه $R = x \tan c$ به دست می‌آید.



عمق ظاهری– عمق واقعی:

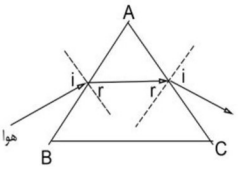
هرگاه از محیط رقیق به جسم واقع در محیط غلیظ نگاه کنیم جسم را نزدیک‌تر و بزرگ‌تر می‌بینیم.

و هرگاه از محیط غلیظ به جسم واقع در محیط رقیق نگاه کنیم جسم را دورتر و کوچک‌تر می‌بینیم.

نکته کلیدی: ضریب شکست آب $n = \frac{4}{3}$ است یعنی اینکه ما عمق 4 متری آب را (عمق واقعی) در عمق 3 متری (عمق ظاهری) می‌بینیم.

نکته: هرگاه دو لامپ با رنگ‌های مختلف و هم عمق در زیر مایعی واقع باشند آن لامپ بالاتر دیده می‌شود که ضریب شکست رنگ مربوط به آن از دیگری بیشتر باشد.

منشور:



در وجه AB : $\sin i = ns$

در وجه AC : $n \sin r' = \sin i'$

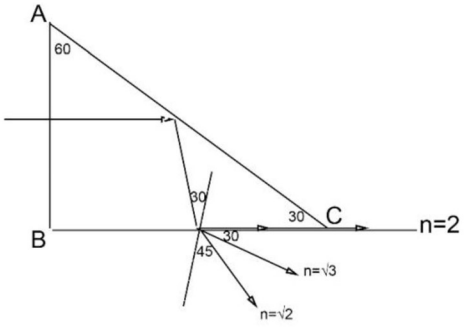
نکته:

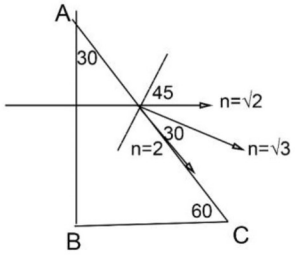
$$\hat{A} = \hat{r} + \hat{r'}$$

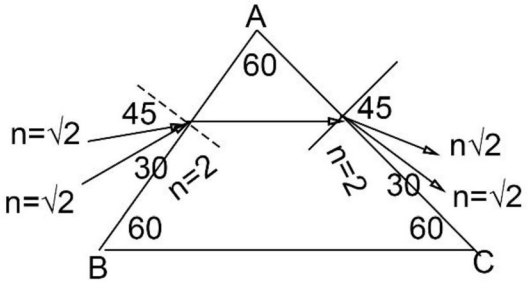
زاویه انحراف:

$$D = i + i' - \hat{A}$$

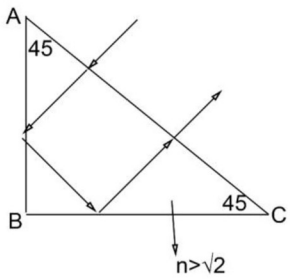
نکته: مسیر حرکتی نور در برخی از منشورها

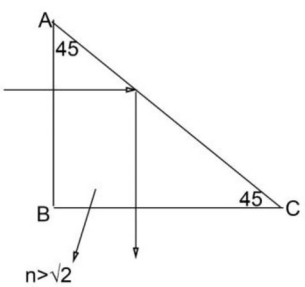






منشور بازتابش کلی:



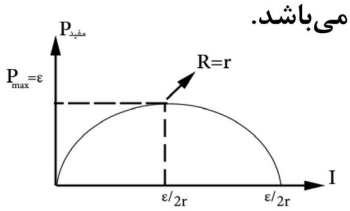


توان مولد:

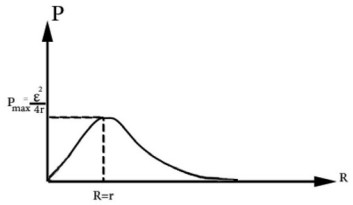
$$P_{\text{مولد}} = V_{\text{مولد}} I \rightarrow P_{\text{مفید}} = \varepsilon I - I^2 r \quad \text{یا} \quad P_{\text{مفید}} = I^2 R$$

که در آن P توان مفید مولد (مصرفی مدار)، εI توان تولیدی، $I^2 r$ توان تلف شده در مولد می‌باشد.

نمودار تغییرات توان مفید مولد برحسب شدت جریان

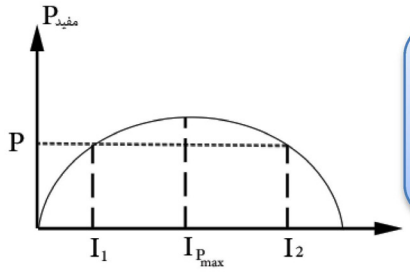


اگر مقاومت خارجی مدار برابر با مقاومت درونی (r) آن باشد حداکثر توان از مولد گرفته می‌شود یعنی توان مفید آن بیشینه است.



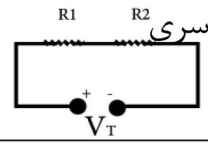
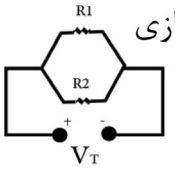
$$R = r \text{ یا } \frac{R}{r} = 1 \rightarrow P_{\text{مفید}} = P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

طبق نمونه P-I دو جریان یافت می‌شود که به ازای آن ها توان خروجی مولد یکسان است اگر مقاومت های نظیر این دو جریان را R_1 , R_2 بنامیم:



$$\begin{cases} I_{P_{max}} = \dfrac{1}{2}(I_1 + I_2) \\ r = \sqrt{R_1 R_2} \end{cases}$$

اتصال سری و موازی مقاومت ها

n مقاومت مشابه R	مقاومت معادل	ولتاژ	جریان	اتصال مقاومت ها
nR_1	$R_T = R_1 + R_2$	$V_T = V_1 + V_2$	$I_T = I_1 = I_2$	سری 
$\frac{R_1}{n}$	$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	$V_T = V_1 = V_2$	$I_T = I_1 + I_2$	موازی 

برای دو مقاومت R_1 , R_2 موازی داریم : $R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ یا $R = \frac{R_{max}}{\frac{R_{max}}{R_1} + \frac{R_{max}}{R_2}}$

پخش جریان در مقاومت های موازی

$$\begin{cases} I_1 = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} I_{\text{کل}} \\ I_2 = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2} I_{\text{کل}} \end{cases}$$

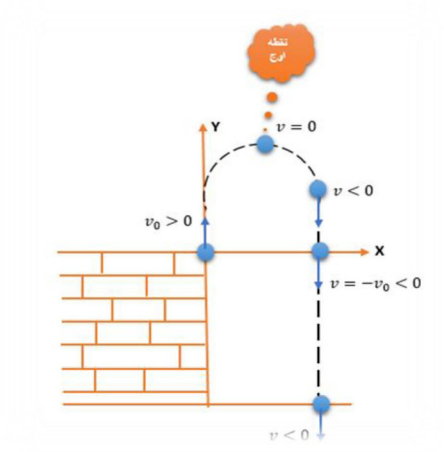
اگر مقاومتی به صورت سری به مدار اضافه شود مقاومت کل مدار افزایش و شدت جریان کل مدار کاهش می‌یابد.

اگر مقاومتی به صورت موازی به مدار اضافه شود مقاومت کل مدار کاهش و شدت جریان کل مدار افزایش می‌یابد.

سقوط آزاد

اگر حرکت یک جسم در راستای قائم و در ضمن حرکت، تنها نیروی وارد بر آن، وزش باشد حرکت آن را **سقوط آزاد** می نامند.
لازم به ذکر است که هرگاه جسم در راستای قائم رو به بالا پرتاب شود حرکت آن را **پرتابی در راستای قائم** می گویند.

استراتژی حل مسئله:

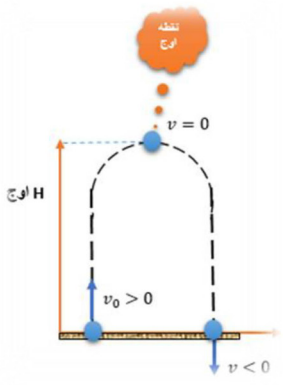


۱* نقطه پرتاب را مبدا مختصات در نظر می گیریم. با این کار $y_0 = 0$ (مکان اولیه) است.
۲* جابه جایی های بالای نقطه پرتاب (مبدا) را مثبت و جابه جایی های پایین نقطه پرتاب را منفی در نظر می گیریم.
۳* سرعت های رو به بالا را مثبت و سرعت های رو به پایین را منفی در نظر می گیریم.
۴* چون جهت مثبت محور y رو به بالاست چه در هنگام پرتاب رو به بالا و چه در هنگام سقوط رو به پایین مقدار g را همواره منفی در نظر می گیریم.
۵* معادله های مربوط به این حرکت دقیقا همان معادلات حرکت شتابدار با شتاب ثابت است که باید در آن معادلات x را به y و a را به $-g$ تبدیل کنیم.

۱. معادله جابه جایی زمان	$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t$	$y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t + y_0$
۲. معادله سرعت- زمان	$v = -gt + v_0$	
۳. معادله مستقل از زمان	$v^2 - v_0^2 = -2g\,\Delta y$	
۴. معادله مستقل از شتاب	$\Delta y = \frac{v+v_0}{2}t$	
۵. جابه جایی در ثانیه nام	$\Delta y_n = -(n - 0/5)g + v_0$	
۶. سرعت متوسط پس از t ثانیه	$v = -\frac{1}{2}gt + v_0$	

زمان اوج (t) : در حرکت پرتابی در راستای قائم مدت زمانی که طول می کشد تا گلوله از نقطه پرتاب به بالاترین نقطه از مسیرش برسد را گویند.

ارتفاع اوج (H) : فاصله قائم محل پرتاب گلوله تا بالاترین نقطه ای که به آن می رسد را گویند.



$v = -gt + v_0 \xrightarrow[v=0]{t = t_{اوج}} t_{اوج} = \frac{v_0}{g}$

$T = 2t_{اوج} = \frac{2v_0}{g}$ رفت وبرگشت

$v^2 - v_0^2 = -2g\,\Delta y \xrightarrow[v=0]{\Delta y = H} H_{اوج} = \frac{v_0^2}{2g}$

کمی توجه کنید

- درنقطه اوج با اینکه سرعت جسم برای لحظه ای صفر می شود وتغییر جهت می دهد ولی شتاب جسم همواره برابر و ثابت g- می باشد.
- از نقطه پرتاب تا نقطه اوج حرکت جسم کندشونده و از نقطه اوج تا رسیدن به سطح زمین نوع حرکت جسم کندشونده می باشد.
- در ارتفاعات یکسان از محل پرتاب همواره بزرگی سرعت های رو به پایین و روبه بالا باهم برابر است
- اگر سرعت اولیه پرتاب جسم در راستای قائم n برابر شود زمان اوج نیز n برابر و ارتفاع اوجش n^2 برابر می شود.

$\left(t_{\text{اوج}} \propto v_0 \quad \text{و} \quad H_{\text{اوج}} \propto v_0^{2}\right)$

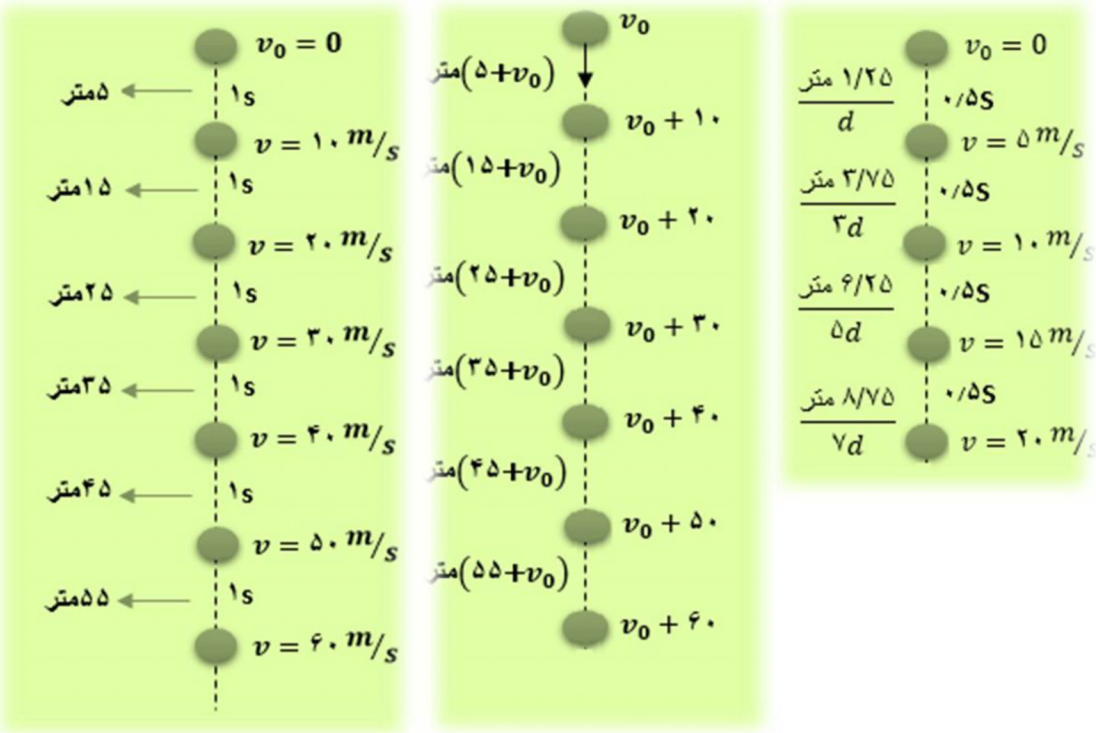
کمی خلاقیت

چون سقوط آزاد و پرتابی در راستای قائم یك حرکت شتابدار با شتاب ثابت $a = -g = -10\,{}^{m}/_{s^2}$ است:

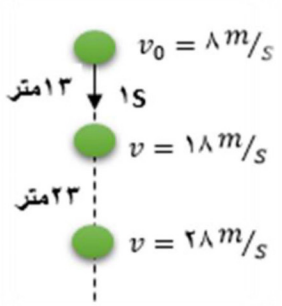
پس سرعت گلوله درحرکت رو به بالا با گذشت هر (1) ثانیه به اندازه $10\,{}^{m}/_{s}$ کاهش می یابد.

و در هنگام پایین آمدن در هر (1) ثانیه به اندازه $10\,{}^{m}/_{s}$ افزایش می یابد.

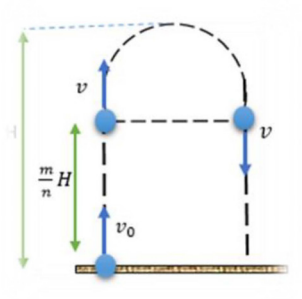
$\Delta t = 1s \rightarrow \Delta y = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)$



مثال: گلوله ای با سرعت اولیه $8\,{}^{m}/_{s}$ رو به پایین پرتاب شده:



نکته طلایی۱



اگر در شرایط خلاء گلوله ای را از سطح زمین و روبه بالا پرتاب کنیم

۱) سرعت گلوله در $\frac{m}{n}$ ارتفاع اوج

در هنگام بالا رفتن
$v = \pm v_0\sqrt{1-\frac{m}{n}}$
در هنگام پایین آمدن

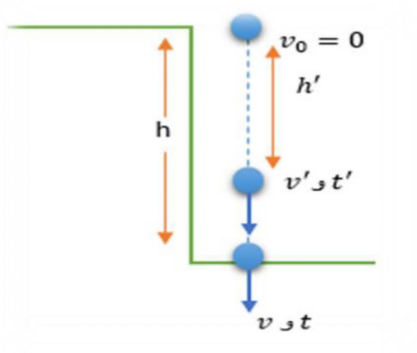
۲) زمان رسیدن گلوله به $\frac{m}{n}$ ارتفاع اوج

$$t = \frac{v_0\left(1 \pm \sqrt{1-\frac{m}{n}}\right)}{g}$$

نکته طلایی۲

اگر گلوله ای را از ارتفاع h و در شرایط خلاء رها کنیم $(v_0 = 0)$

زمان طی شده و سرعت گلوله در هر نقطه از مسیر با جذر مسافت پیموده شده از محل رها شده متناسب است.



$$\frac{v'}{v} = \frac{t'}{t} = \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

مسافت پیموده شده از نقطه رها شده

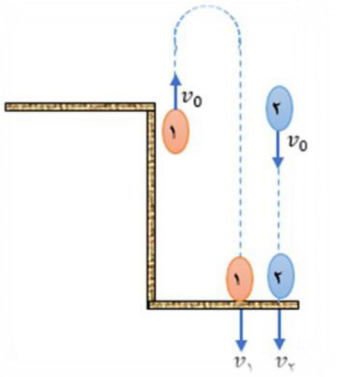
ارتفاع کل

اگر گلوله ای از ارتفاع h رها شود سرعت برخورد آن به زمین از رابطه $v = \sqrt{2gh}$ بدست می آید.

برخورد v = ۰/۷v = نیمه مسیر $v = \frac{\sqrt{2}}{2}v$

کل t = ۰/۷ کل $t = \frac{\sqrt{2}}{2}t$ = نیمه مسیر

نکته طلایی۳



پرتاب همزمان دو گلوله در راستای قائم

حالت۱

اگر دو گلوله مطابق شکل با سرعت های اولیه یکسان و از یک ارتفاع یکی رو به بالا و دیگری رو به پایین پرتاب شوند:

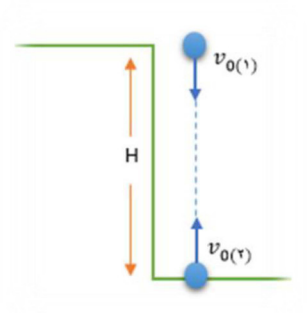
اولا: هردوگلوله با سرعت های یکسانی به سطح زمین برخورد می کنند.

$$|v_1| = |v_2|$$

ثانیا: گلوله ای که رو به بالا پرتاب شده به اندازه $\frac{2v_0}{g}$ (دو برابر زمان اوج) دیرتر به زمین می رسد.

حالت۲

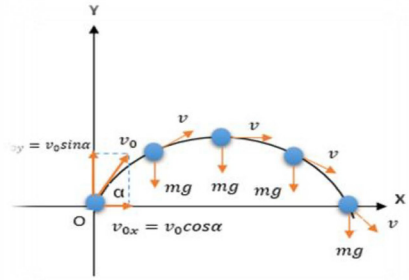
هرگاه از ارتفاع H جسمی با سرعت اولیه $v_{0(1)}$ به سمت پایین پرتاب شود و همزمان از سطح زمین جسم دیگری با سرعت اولیه $v_{0(2)}$ به سمت بالا پرتاب شود داریم:



$$H = \left(v_{0(1)} + v_{0(2)}\right) t$$

حرکت پرتابی (ویژه رشته ریاضی)

حرکتی است در صفحه که زاویه سرعت اولیه اش با امتداد قائم مخالف صفر است. و تنها نیروی وارد بر پرتابه در کل حرکت با صرف نظر کردن از مقاومت هوا، وزن آن می باشد.



❖ چون شتاب همواره رو به پایین است و مولفه ای در راستای افقی ندارد، پس حرکت پرتابه در راستای افقی از لحظه پرتاب تا لحظه ای که پرتابه با سرعت ثابت دوباره به سطح زمین می رسد زاویه بین بردار سرعت و شتاب پیوسته کاهش می یابد و در راستای قائم شتابدار با شتاب ثابت g- صورت می گیرد.

۱)

معادلات سرعت	معادلات مکان- زمان
$v_x = v_{0x} = v_0 cos\alpha$	$x = v_0 t\, cos\alpha$
$v_y = -gt + v_0 sin\alpha$	$y = -\frac{1}{2} gt^2 + v_0 t\, sin\alpha$

۲) سرعت گلوله در یک نقطه از مسیر $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ ، $v^2 = v_0^2 - 2gy$

بزرگی سرعت اولیه $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$ ، $tan\,\alpha = \frac{v_y}{v_x}$

۳) **بردار مکان** $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} \rightarrow \vec{r} = (v_x t)\vec{i} + \left(-\frac{1}{2} gt^2 + v_{0y} t\right)\vec{j}$

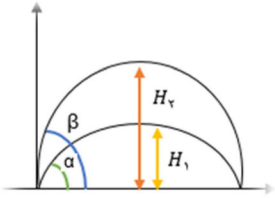
۴) **بردار سرعت** $\vec{v} = v_x\vec{i} + v_x\vec{j} \rightarrow \vec{v} = v_x\vec{i} + \left(-gt + v_{0y}\right)\vec{j}$

۵) **زمان اوج** $T = 2t_{\text{اوج}} = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g}$ رفت وبرگشت ، $t_{\text{اوج}} = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$

۶) **ارتفاع اوج** $H = \frac{v_0^2 sin^2\alpha}{2g}$

۷) **برد پرتابه: فاصله افقی از محل پرتاب تا نقطه ای که پرتابه دوباره به پای پرتاب می رسد.** $R = v_{0x}.T \longrightarrow R = \frac{2v_{0x}v_{0y}}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

نکته۱)



اگر $\alpha = \frac{\pi}{4} \leftrightarrow R = R_{max} = \frac{v_0^2}{g}$

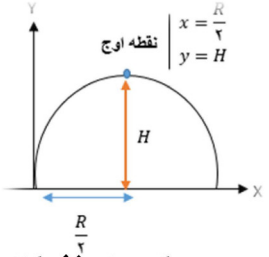
نکته۲) برد پرتابه برای زوایای متمم وبا سرعت های اولیه یکسان، برابر است.

اگر $\alpha + \beta = \frac{\pi}{2} \leftrightarrow \begin{cases} R_\alpha = R_\beta \\ H_\beta > H_\alpha \end{cases}$

۸) نسبت برد پرتابه به ارتفاع اوج $\frac{R}{H} = 4\cot g\,\alpha$

نکته۳) اگر $\alpha = 45^\circ = \frac{\pi}{4} \rightarrow R = 4H$

نکته۴)



۹) معادله مسیر حرکت: با حذف t از بین معادلات x و y بدست می آید.

$$y = \frac{-g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$$

$$y = -Ax^2 + Bx$$

$$y = -\frac{5}{v_{0x}^2} + x\tan\alpha$$

۱۰) اگر معادله مسیر را برابر صفر قرار دهیم دو مقدار برای x بدست می آید.

$$y = 0 \rightarrow \begin{cases} x = 0 \\ x = R \end{cases}$$

۱۱) اگر از معادله مسیر نسبت به متغیر x مشتق بگیریم مختصات نقطه اوج بدست می آید.

$$y' = 0 \rightarrow \text{نقطه اوج} \begin{cases} x = \frac{R}{2} \\ y = H \end{cases}$$

۱۲) حداقل سرعت و حداقل انرژی جنبشی پرتابه در نقطه اوج می باشد.

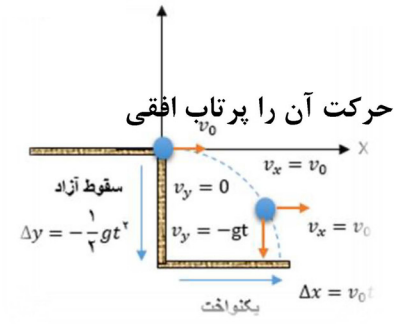
$$\begin{cases} v_{\text{اوج}} = v_0\cos\alpha \\ k_{min} = \frac{1}{2}mv_0^2\cos^2\alpha \end{cases} \rightarrow \frac{k_{min}}{k_{max}} = \cos^2\alpha$$

۱۳) هنگامی که پرتابه ای از زمین تحت زاویه α پرتاب می شود و باز به زمین می رسد، جابه جایی آن افقی بوده و چون سرعت پرتابه در ای راستا ثابت است این در نوع مسائل سرعت متوسط همان مولفه افقی سرعت اولیه است.

$$\vec{v}_x = v_0\cos\alpha$$

پرتاب افقی

اگر از ارتفاع h بالای سطح زمین گلوله ای را با سرعت افقی v_0 $(\alpha = 0)$ پرتاب کنیم حرکت آن را پرتاب افقی می گویند.



$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos\alpha \rightarrow \alpha = 0 \rightarrow v_x = v_{0x} = v_0$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 z \sin\alpha \rightarrow \alpha = 0 \rightarrow y = -\frac{1}{2}gt^2$$

$$v_y = -gt + v_0 \sin\alpha \rightarrow \alpha = 0 \rightarrow v_y = -gt$$

$$y = \frac{-gx^2}{2v_0{}^2 cos^2\alpha} + xg\alpha \rightarrow \alpha = 0 \rightarrow y = \frac{-gx^2}{2v_0{}^2}$$

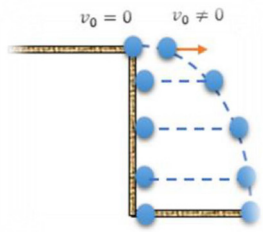
نکته بسیار مهم:

زمان رسیدن گلوله به سطح زمین در پرتاب افقی مستقل از سرعت اولیه پرتاب افقی می باشد.

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$ زمان رسیدن پرتابه به زمین

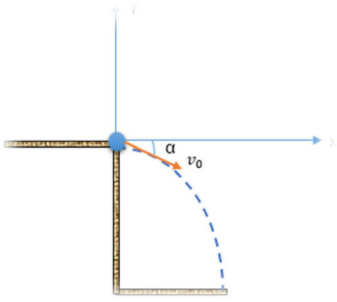
$$x = v_0 t = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$$ فاصله نقطه برخورد تا پای دیوار

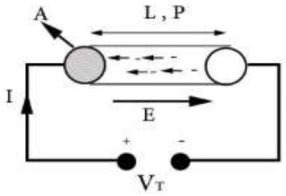
نکته) وقتی دو گلوله به طور همزمان یکی را رها و دیگری را بطور افقی پرتاب کنیم در تمام مدت حرکت دو گلوله در یک سطح افقی می باشند و با هم به زمین می رسند.



پرتاب زیر سطح افق:

حالت خاص دیگری از حرکت پرتابی است که کافی است در کلیه معادلات حرکت پرتابی α را به $-\alpha$ تبدیل کنیم.





الکتریسیته جاری

نکات برجسته فصل

$I = \frac{dq}{dt}$ شدت جریان لحظه‌ای , $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ شدت جریان متوسط

$I = \bar{I} = \frac{q}{t} \rightarrow q = It$: در جریان مستقیم(dc)

- تعداد الکترون های عبوری از یک سطح مقطع در زمان t : $ne = It$
- یکای دگر بار الکتریکی آمپر – ساعت است. $1Ah = 3600\ c$

مقاومت الکتریکی و قانون اهم :

$$\frac{V}{I} = \text{مقدار ثابت} = R \text{ یا } V = IR$$

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{\rho L}{\pi r^2} = \frac{\rho L}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

R : *مقاومت* (Ω)

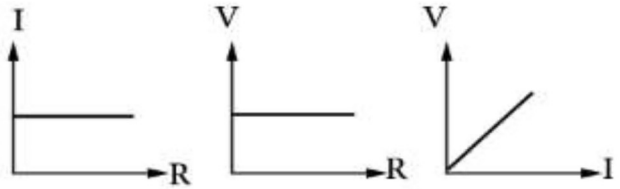
ρ : مقاومت ویژه $(\Omega.m)$

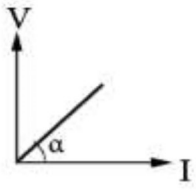
L : طول رسانا (m)

r : شعاع (m)

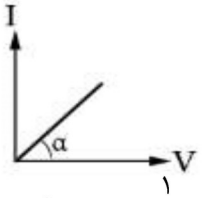
D : قطر (m)

- R یک رسانا به I یا V دو سر آن بستگی ندارد
-





$\tan\alpha = R$



$\tan\alpha = \frac{1}{R}$

- رابطه تناسبی :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \quad \text{یا} \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \quad \text{یا} \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

- اگر در حجم ثابت طول سیمی n برابر شود مقاومتش n^2 برابر می‌شود و اگر شعاع یا قطع مقطع آن n برابر شود مقاومتش $\frac{1}{4}$ برابر می‌گردد.
- اثر دما بر مقاومت:

$$R_2 = R_1(1 + \alpha\Delta\theta) \quad \text{یا} \quad \Delta R = R_1\alpha\Delta\theta \quad \text{یا} \quad \frac{\Delta R}{R_1} = \alpha\Delta\theta \times 100$$

که در آن α ضریب دمایی مقاومت برحسب (K^{-1}) می‌باشد.

- با افزایش دما ، مقاومت الکتریکی رساناها افزایش و مقاومت الکتریکی نیم رساناها مانند سیلیسیم ، مارژمانیوم و کربن کاهش می‌یابد.

$$\begin{cases} \alpha_{\text{رسانا}} > 0 \rightarrow \Delta\theta \uparrow \rightarrow R_2 > R_1 \\ \alpha_{\text{نیم رسانا}} < 0 \rightarrow \Delta\theta \uparrow \rightarrow R_2 < R_1 \end{cases}$$

انرژی و توان الکتریکی مصرف شده در مقاومت:

روابط انرژی :

$$u = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

روابط توان (P) : انرژی مصرف شده در ۱ ثانیه

$$P = \frac{u}{t} \rightarrow P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

در اتصالات سری مقاومت ها بهتر است از روابط $u = I^2Rt$ یا $P = I^2R$ و در اتصالات موازی مقاومت ها بهتر است از روابط $u = \frac{V^2}{R}t$ یا $P = \frac{V^2}{R}$ استفاده شود.

$$1kwh = 3.6 \times 10^6 j$$

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

که در آن R مقاومت رشته تنگستن می‌باشد.

محاسبه شدت جریان در مدار تک حلقه :

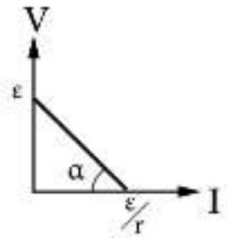
$$I = \frac{\sum \varepsilon_{\text{محرک}} - \sum \varepsilon_{\text{ضد محرک}}}{\sum r + R}$$

دو قاعده برای محاسبه اختلاف پتانسیل دو نقطه از مدار:

I. اگر در جهت جریان از مقاومت R یا r عبور کنیم پتانسیل به اندازه IR یا Ir کاهش می‌یابد و برعکس

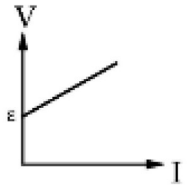
II. اگر در درون مولد بدون توجه به جهت جریان از پایانه مثبت به پایانه منفی شویم پتانسیل به اندازه ε کاهش می‌یابد و برعکس

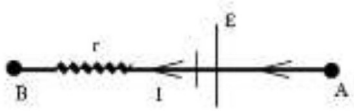
مولد محرک: جریان از قطب پشت آن خارج و یا به قطب منفی آن وارد می‌شود.



$$|\tan\alpha| = r$$

مولد ضد محرک : جریان به قطب مثبت آن وارد و یا از قطب منفی آن خارج می‌شود.





نیروی محرکه مولد (ε): انرژی که مولد به واحد بار الکتریکی می‌دهد تا مدار یک دور کامل شارش کند.

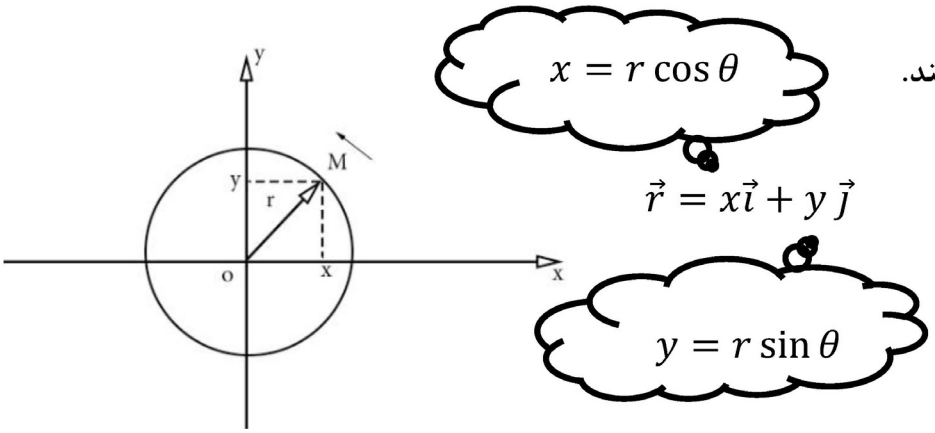
$$V_A - V_B = V_{\text{مولد}} = \varepsilon + Ir$$

$$\text{افت پتانسیل} = Ir$$

حرکت یک جسم در مسیر دایره ای نمونه ای از حرکت در صفحه است. مسیر حرکت ماه و ماهواره ها به دور زمینی و برخی سیاره ها به دور خورشید تقریباً دایره ای است.

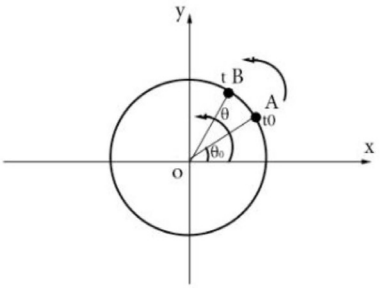
مکان زاویه ای:

مکان یک ذره بر روی محیط دایره را گویند.



سرعت زاویه ای متوسط ($\overline{\omega}$):

نسبت جابه جایی زاویه ای به زمان جابه جایی را گویند و یکای آن در SI، رادیان بر ثانیه ($\frac{Rad}{s}$) است.



$$\overline{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta - \theta_0}{t - t_0}$$

یادآوری از ریاضی

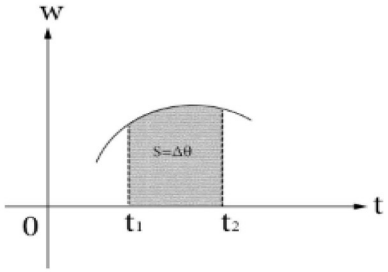
$$\frac{R}{\pi} = \frac{D}{180^\circ}$$

سرعت زاویه ای لحظه‌ای (w):

حد سرعت زاویه‌ای متوسط وقتی بازه زمانی Δt به سمت صفر میل کند. ($\Delta t \to 0$)

$$\omega_{\text{لحظه‌ای}} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

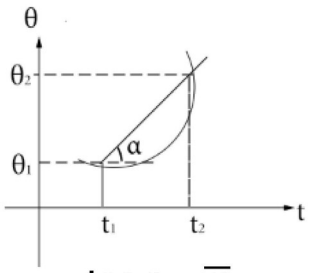
نکته ۱



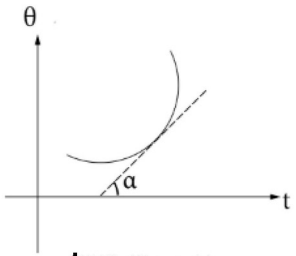
سطح زیر نمودار $\omega - t$ در یک بازه زمانی برابر است با $\Delta\theta$

$$\theta = \int \omega dt$$

نکته ۲



$$\tan\alpha = \overline{\omega}$$



$$\tan\alpha = \omega_{\text{لحظه‌ای}}$$

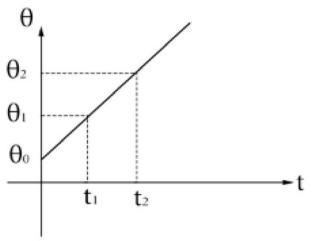
حرکت دایره ای یکنواخت

هرگاه اندازه سرعت زاویه‌ای ذره‌ای که بر روی مسیر دایره‌ای در حرکت است ثابت بماند می‌گوییم ذره، حرکت دایره ای یکنواخت دارد. در چنین حرکتی، سرعت زاویه‌ای متوسط در هر بازه زمانی دلخواه با سرعت زاویه ای ذره برابر است.

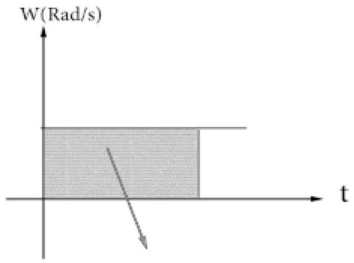
$$\overline{\omega} = \omega = \frac{\theta - \theta_0}{t - 0} \rightarrow \theta = \omega t + \theta_0 \equiv X = Vt + X_0$$

θ : مکان زاویه‌ای ω: سرعت زاویه ای θ_0 : مکان زاویه ای اولیه و x: مکان V: سرعت خطی x_0 : مکان اولیه

نکته ۳



$$\text{شیب خط} = \tan\alpha = \omega = \frac{d\theta}{dt} > 0$$



$$S_{\omega - t} = \Delta\theta$$

یادآوری:

دوره - زمان تناوب (T):

مدت زمان یک دوره کامل را گویند و یکای آن در SI ثانیه است.

$$T = \frac{t}{N}$$

که در آن T دوره (S) و t زمان و N تعداد دور کامل

بسامد – فرکانس – تواتر (f) :

تعداد دور کامل را در یک ثانیه (1s) گویند و یکای آن در SI، S^{-1} یا Hz می‌باشد.

$$f = \frac{N}{t}$$

که در آن f بسامد (Hz) و N تعداده دوره و t زمان برحسب ثانیه است.

نکته۴

دوره با بسامد نسبت عکس دارد.

T	1
1	F

$$fT = 1 \text{ یا } T = \frac{1}{f} \text{ یا } f = \frac{1}{T}$$

نکته ۵

$$T_{\text{عقربه ساعت شمار}} = 12h \rightarrow \omega_{\text{ساعت شمار}} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{12 \times 3600}$$

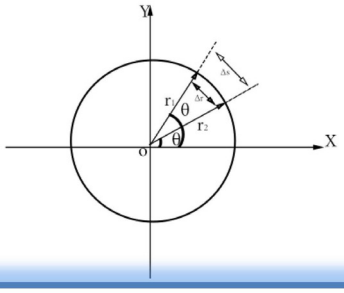
$$T_{\text{دقیقه شمار}} = 1h \rightarrow \omega_{\text{دقیقه شمار}} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{3600} = \frac{\pi}{1800}\left(\frac{rad}{s}\right)$$

$$T_{\text{ثانیه شمار}} = 1\,\text{min} \rightarrow \omega_{\text{ثانیه شمار}} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{60} = \frac{\pi}{30}\left(\frac{rad}{s}\right)$$

در حرکت دایره ای یکنواخت:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \xrightarrow{\text{در یک دور کامل } \Delta\theta=2\pi ,\Delta t=T} \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

سرعت خطی در حرکت دایره‌ای یکنواخت



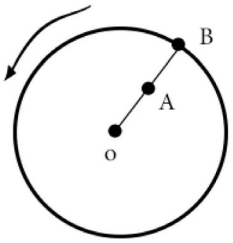
$$\overline{V} = \frac{\Delta r}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t \to 0]{} V_{\text{لحظه‌ای}} = \frac{ds}{dt} = \frac{d(R\theta)}{dt} = \frac{Rd\theta}{dt} = RW \to V = R\omega$$

در حرکتی دایره ای یکنواخت با اینکه بزرگی سرعت خطی ثابت است ولی چون سرعتی خطی مدام درحال تغییر جهت می‌باشد پس حرکت دایره ای یکنواخت یک نوع حرکتی شتابدار با شتاب متغیر محسوب می‌شود.

$$\Delta r = 2r \sin\frac{\Delta\theta}{2}$$

نکته ۶

در حرکت یک جسم صلب داریم:

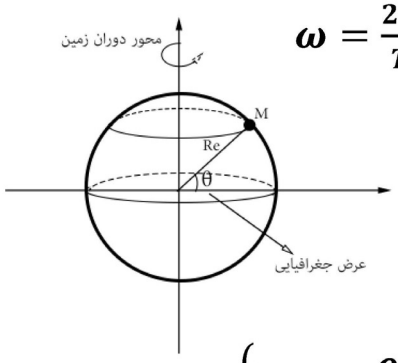


$$V = r\omega \underbrace{\xrightarrow[\omega_A=\omega_B]{r_B>r_A}}_{\omega_A=\omega_B} V_B > V_B \qquad \omega_A = \omega_B$$

نکته۷

سرعت زاویه ای (ω) برای تمامی نقاط کره زمین یکسان است. $\omega = \frac{2\pi}{T}$

سرعت خطی نقطه ای واقع در عرض جغرافیایی θ:



$$V = R_e\omega\cos\theta \to \begin{cases} \text{در ابتدا}: \theta = 0 \to V_{MAX} = R_e\omega = 465\frac{m}{s} \\ \text{در قطب‌ها}: \theta = 90 \to V = 0 \end{cases}$$

نتیجه:

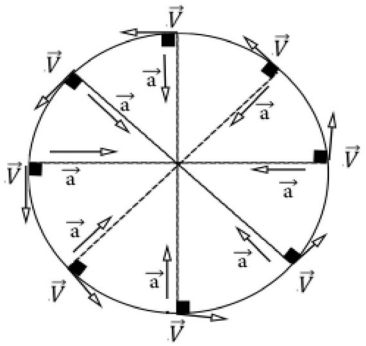
هر چه از استوا به سمت قطب‌ها پیش روی کنیم سرعت خطی کاهش ولی سرعت زاویه ای ثابت می‌ماند.

نکته ۸

$$\frac{V_\theta}{V'_\theta} = \frac{\cos\theta}{\cos\theta'}$$

شتاب نیرو در حرکت دایره ای یکنواخت:

$$a_c = \frac{V^2}{2} = r\omega^2$$
$$F_c = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2$$



که در آن a_c شتاب مرکزگرا و V^2 سری خطی و

F_c نیروی مرکز گرا و r شعاع مسیر دوران می باشد.

در حرکتی دایره ای اگر بزرگی سرعت خطی ثابت نباشد، علاوه بر شتاب مرکز گرا یك شتاب درگیر

به علت تغییر در بزرگی سرعت داریم که به آن شتاب مماس می گوییم .

نکته: در حرکت دایره ای یکنواخت در هر لحظه زاویه بین شتاب مرکز گرا (نیروی مرکز گرا)

با سرعت برابر $\frac{\pi}{2}$ رادیان و زاویه بین شتاب مرکز گرا و نیروی مرکز گرا در هر لحظه صفر است.

دینامیک حرکت دایره ای یکنواخت

$$\sum F_c = m\frac{V^2}{r} = mr\omega^2$$

که در آن نیروهای خارج مرکز $-$ نیروهای روی مرکز $= F_c$ است.

در مسائل اگر سرعت خطی ثابت بود از رابطه $m\frac{v^2}{r}$ و اگر سرعت زاویه ای ثابت بود از رابطه $mr\omega^2$ استفاده می کنیم.

نکته۹

رابطه انرژی جنبشی با نیروی مرکزگرا

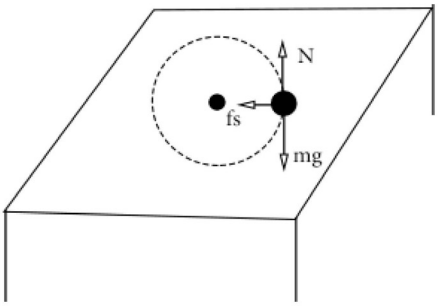
$$K = \frac{1}{2}F_c.r$$

که در آن k انرژی جنبشی جسم و F_c نیروی مرکز گرا و r شعاع دایره مسیر می باشد.

نکته ۱۰

اگر نیروی اصطکاك نیروی مرکزگرا باشد حداکثر سرعت خطی و حداکثر سرعت زاویه ای برای اینکه

ذره در مسیر دایره ای بماند و به خارج پرتاب نشود $\sum F_c = \frac{Mv^2}{r}$



شرط:

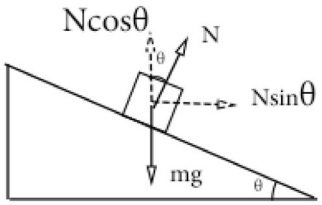
$$f_{s_{max}} \geq \frac{mv^2}{r} \text{ یا } mrw^2 \rightarrow V \leq \sqrt{\mu_2 rg}$$

$$V_{MAX} = \sqrt{\mu_s rg} \qquad , w_{MAX} = \sqrt{\frac{\mu_s g}{r}}$$

نکته ۱۱

شرط اینکه جسم در جاده افقی بدون شیب عرضی مسیر دایره ای را طی کند باید حداکثر سرعت خطی آن برابر $V_{max} = \sqrt{\mu_s r g}$ باشد.

شیب عرض جاده (مخصوص ریاضی)

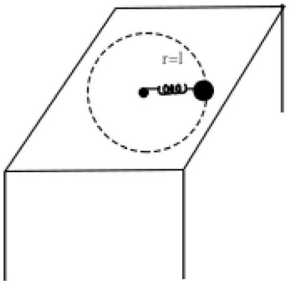


$$\begin{cases} N\sin\theta = \dfrac{mV^2}{R} \rightarrow \tan\alpha = \dfrac{V^2}{Rg} = \dfrac{a_c}{g} \\ N\cos\theta = mg \end{cases}$$

بیشینه سرعت مجاز $V_{max} = \sqrt{Rg\tan\alpha}$

نکته ۱۲

نیروی کشسانی فنر به عنوان نیروی مرکز گرا



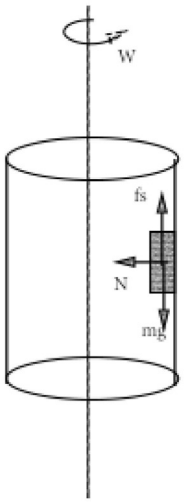
$$F_c = F_{\text{فنر}}$$

$$K(l - l_0) = \frac{mv^2}{l}$$

که در آن K ثابت فنر است.

نکته ۱۳

دوران استوانه



$$f_s - mg = 0$$
$$N = mr\omega^2$$

$$f_s = mg \le \mu N \rightarrow \omega \ge \sqrt{\frac{g}{\mu r}}$$

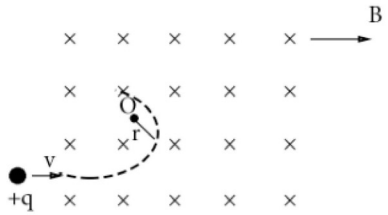
حداقل سرعت زاویه ای برای آن حجم نیفتد.

$$\rightarrow \omega_{min} = \sqrt{\frac{g}{\mu_s r}}$$

حداقل سرعت خطی برای آنکه حجم نیفتد.

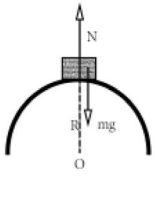
$$V_{min} = \sqrt{\frac{rg}{\mu_s}}$$

ذره باردار در میدان مغناطیسی:

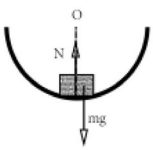


$$F_{\text{مغناطیسی}} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow qvB\sin\alpha = \frac{mV^2}{r}$$

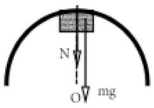
سطح محدب و مقعر



$$mg - N = \frac{mV^2}{r}$$



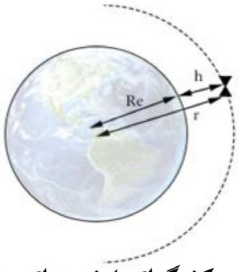
$$N - mg = \frac{mv^2}{R}$$



$$N + mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$N = mg - \frac{mv^2}{r} \qquad N = mg + \frac{mv^2}{R} \qquad N = \frac{mv^2}{R} - mg$$

ماهواره:



نیروی وزن ماهواره در فاصله r از مرکز زمین نیروی مرکز گرای لازم برای حرکت دایره ای ماهواره را تأمین می‌کند.

$$F_G = F_C \rightarrow \frac{GmMe}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow V = \sqrt{\frac{Gme}{r}} = R_e\sqrt{\frac{g_e}{r}} = \sqrt{rg_r}$$

نکته ۱۴

سرعت خطی دوران ماهواره به دو یک سیاره به جرم ماهواره بستگی ندارد و با جذر فاصله مدار ماهواره تا مرکز سیاره نسبت عکس دار.

$$V \propto \frac{1}{\sqrt{r}} \text{ یا } \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{GMe}{r^3}} = R_e\sqrt{\frac{g}{r^3}}$$

محاسبه دوره تناوب ماهواره:

$$T = \frac{2\pi}{w} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GMe}} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{GMe}} + \sqrt{r^3}$$

که در آن $\frac{2\pi}{\sqrt{GMe}}$ مقداری ثابت است.

نکته ۱۵

دوره ماهواره به جرم ماهواره بستگی ندارد.

$$T^2 \propto r^3 \text{ یا } T \propto r\sqrt{r}$$

هرچه ماهواره ای از سطح سیاره ای دورتر شود دوره اش بیشتر و سرعت خطی و سرعت زاویه‌ای اش کمتر می‌شود.

انرژی جنبشی ماهواره

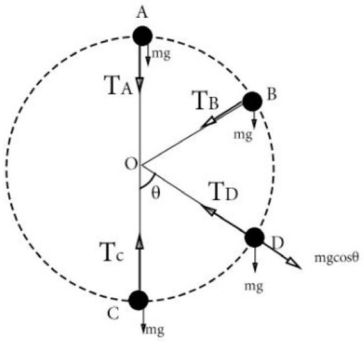
$$K = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}mR_e^2\frac{g}{r}$$

مقایسه انرژی جنبشی دو ماهواره در اطراف سیاره:

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{r_1}{r_2}$$

حرکت دایره‌ای در راستای قائم:

اگر گلوله‌ای به جرم m به نخی به طول 1 بسته شده باشد و در راستای قائم به حرکت دایره ای انجام دهد داریم:



$$D \text{ در نقطه}: T_D = \frac{mv_D^2}{L} + mg\cos\theta$$

$$C \text{ در نقطه}: T_c = \frac{mv_c^2}{L} + mg$$

$$A \text{ در نقطه}: T_A = \frac{mv_A^2}{L} - mg$$

$$B \text{ در نقطه}: T_B = \frac{mv_B^2}{L}$$

نکته ۱۶

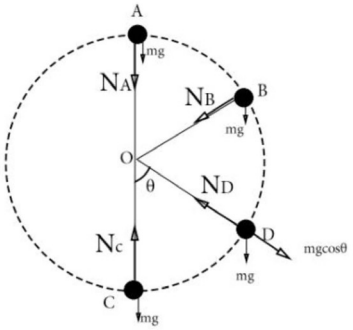
اگر حرکت دایره ای در راستای قائم یکنواخت باشد $(V_A = V_C)$ داریم:

$$T_C - T_A = 2mg$$

نکته ۱۷

حداقل سرعت گلوله در هر یك از نقاط C, B, A باید به ترتیب $\sqrt{5lg}, \sqrt{3lg}, \sqrt{lg}$ باشد تا گلوله مسیر دایره ای را یکبار به طور کامل طی کند.

دوران در یک کره:



$$N_D = \frac{mv_D^2}{R} + mgcos\,\theta$$

$$N_A = \frac{mv_A^2}{R} - mg$$

$$N_C = \frac{mv_C^2}{R} + mg$$

$$N_B = \frac{mv_B^2}{R}$$

تکانه (اندازه حرکت):

حاصل ضرب جرم یك جسم در سرعت آن را تکانه (اندازه حرکت) گویند و آن را با نماد $\vec{P}$ نشان می‌دهند.

$$\vec{P} = m\vec{V}$$

نکته ۱۷

تکانه کمیتی برداری و هم جهت با بردار سرعت متحرك است و یکای آن در SI، $kg.\frac{m}{s}$ می‌باشد.

تغییرات تکانه:

$$if: \boldsymbol{m} = \text{ثابت} \rightarrow \overrightarrow{\Delta P} = m\overrightarrow{\Delta V}$$

در رابطه بالا باید به برداری بودن سرعت توجه کنید.

تغییرات تکانه در حرکت دایره ای یکنواخت: $\Delta P = 2mV\sin\frac{\alpha}{2}$

تکانه و قانون دوم نیوتن:

اگر از دو طرف رابطه $\vec{P} = m\vec{V}$ نسبت به زمان مشتق بگیریم نتیجه می‌شود.

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m\vec{V})}{dt} \xrightarrow{\text{چون } m \text{ ثابت است}} \frac{d\vec{P}}{dt} = m\frac{d\vec{V}}{dt} = m\vec{a}$$

بنا به قانون دوم نیوتن ($\vec{F} = m\vec{a}$) می‌توان نوشت.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

یعنی آهنگ تغییر تکانه یك جسم نسبت به زمان برابر برآیند نیروهای خارجی وارد بر جسم است به بیان دیگر برآیند نیروهای خارجی وارد بر جسم، مشتق تکانه آن نسبت به زمان است.

نکته ۱۸

اگر برآیند نیروهای خارجی وارد بر سیم صفر باشد تکانه جسم ثابت می‌ماند.

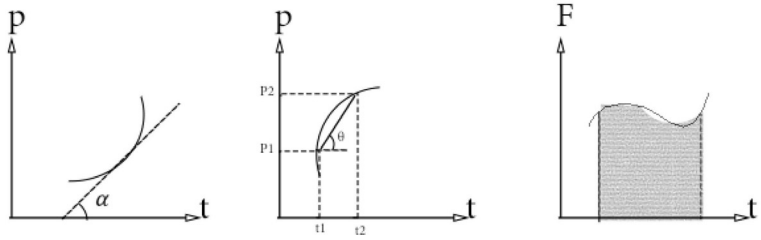
(پایستگی تکانه)

$$\sum F_{\text{خارجی}} = 0 \rightarrow p = \text{ثابت}$$

$$\overline{\vec{F}} = \frac{\overrightarrow{\Delta p}}{\Delta t}$$

اگر در بازه زمانی Δt تغییر تکانه یکی حجم $\overrightarrow{\Delta p}$ باشد نتیجه می‌شود.

نکته ۱۹



$\tan \alpha = F$ $\quad$ $\tan \theta = \overline{F}$ $\quad$ $S_{F-t} = \Delta p$

ضربه:

حاصل ضرب اندازه نیرو و یا نیروهای مؤثر در حرکت جسم در مدت زمان اعمال آن را ضربه وارد بر جسم گویند و آن را با I نشان می‌دهد. و یکای آن (N.S) می‌باشد.

$$I = F.\Delta t$$

نکته ۲۰ (مهم)

از آنجایی که دیمانسیون تکانه و ضربه با هم برابرند لذا این دو عامل با یکدیگر برابر خواهند بود.

$$F.\Delta t = m\Delta V$$

رابطه تکانه و انرژی جنبشی:

$$\begin{cases} p = mv \\ K = \frac{1}{2}mv^2 \end{cases} \rightarrow K = \frac{P^2}{2m} \text{ یا } K = \frac{1}{2}PV$$

رابطه تناسبی

$$K \propto \frac{P^2}{m} \text{ یا } \frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 \times \frac{m_1}{m_2}$$