

فیزیک دوازدهم

فصل اول: حرکت بر خط راست

❖ جابه جایی (\vec{d}): برداری است که مکان اولیه جسم را به مکان نهایی آن وصل می کند.

☺: اگر جابه جایی روی محور x ها باشد آن را با Δx نشان می دهند و داریم: $\vec{\Delta x} = (x_2 - x_1)\vec{i}$

❖ مسافت: طول مسیر پیموده شده توسط متحرک است ← کمیت نرده ای

❖ تندی متوسط: مسافت طی شده در واحد زمان ← کمیت نرده ای

❖ سرعت متوسط: جابه جایی در واحد زمان ← کمیت برداری

☺: بردار سرعت متوسط همواره در جهت بردار جابه جایی است.

❖ شرط این که جابه جایی و مسافت طی شده توسط متحرک برابر باشد این است که مسیر حرکت خط راست باشد و متحرک تغییر جهت ندهد؛ در این صورت تندی متوسط و سرعت متوسط متحرک با هم برابر است و در غیر این صورت (مثلاً در مسیر منحنی شکل یا حرکت روی مسیر مستقیم و همراه با تغییر جهت) تندی متوسط از سرعت متوسط بیشتر است زیرا مسافت طی شده بیشتر از جابه جایی خواهد بود. بنابراین به طور کلی داریم:

$$l \geq d \quad \text{و} \quad s_{av} \geq v_{av}$$

❖ سرعت لحظه ای: بردار سرعت متحرک در هر لحظه است و همواره مماس بر مسیر حرکت می باشد (کیلومتر شمار اتومبیل تندی لحظه ای آن را نشان می دهد).

☺: اگر متحرک در جهت دور از مبدأ حرکت کند، سرعت و جابه جایی آن مثبت و اگر در جهت به سمت محور حرکت کند، سرعت و جابه جایی آن منفی است.

❖ بردار مکان: برداری که مبدأ محور مکان را به مکان جسم در هر لحظه وصل می کند، بردار مکان جسم در آن لحظه نامیده می شود.

☺: شرط تغییر جهت بردار مکان یک متحرک این است که متحرک از مبدأ محور مکان (مثلاً $x = 0$) بگذرد.

❖ نکات نمودار مکان - زمان:

1 در لحظه ای که نمودار محور t ها را قطع می کند، متحرک از مبدأ مکان می گذرد.

2 تعیین سرعت متوسط و لحظه ای به کمک نمودار مکان - زمان: سرعت متوسط متحرک بین دو

لحظه از زمان برابر شیب پاره خطی است که نقاط نظیر آن دو لحظه در نمودار مکان - زمان را به یکدیگر وصل می کند. همچنین سرعت در هر لحظه دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در آن لحظه است.

☞ نمونه: در شکل مقابل سرعت متحرک در لحظه های t_1 و t_2 مثبت است و در لحظه t_3 بیشتر

است؛ زیرا شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان متحرک در این دو لحظه مثبت و در لحظه t_3

بیشتر است. چون در این دو لحظه سرعت متحرک مثبت است، بنابراین متحرک در این لحظات در

جهت محور x حرکت می کند. همچنین سرعت متوسط متحرک نیز بین این دو لحظه مثبت است

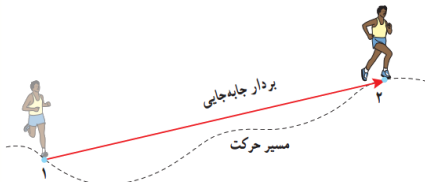
زیرا شیب خط واصل نمودار در این دو لحظه مثبت است.

3 شرط تغییر جهت حرکت متحرک، صفر شدن سرعت متحرک و سپس تغییر علامت آن است (در قله و دره

های نمودار مکان - زمان که شیب خط مماس افقی است، معمولاً تغییر جهت رخ می دهد).

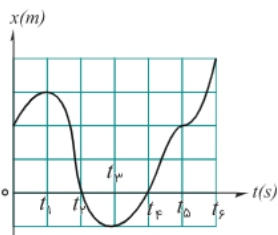
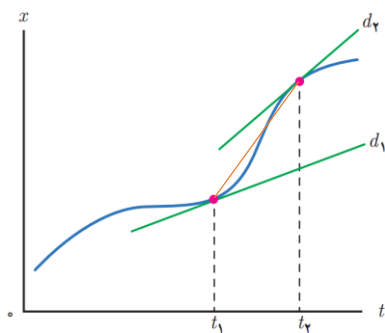
☞ نمونه: در شکل مقابل متحرک در لحظات t_1 و t_2 از مبدأ مکان می گذرد و در لحظات t_3 و t_4 تغییر

جهت می دهد.

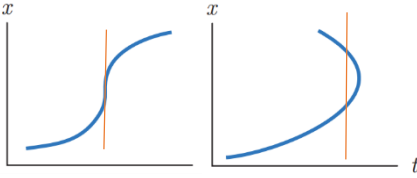


$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \rightarrow \text{حرکت بر روی محور } x \rightarrow \vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i}$$



4 نمودار مکان - زمان یک متحرک باید به صورت نمودار یک تابع مشتق پذیر باشد؛ بنابراین نمی تواند مانند شکل های مقابل باشد :



$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

❖ شتاب متوسط ← کمیت برداری

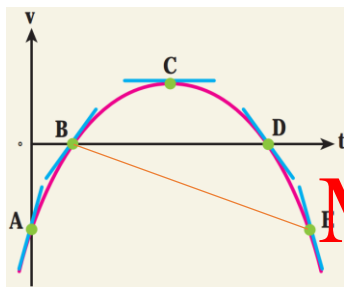
☺ بردار شتاب متوسط همواره در جهت بردار تغییرات سرعت است .

❖ تعیین شتاب متوسط و لحظه ای به کمک نمودار سرعت - زمان : شتاب متوسط بین دو لحظه برابر شیب خطی است که نمودار سرعت - زمان را در آن دو لحظه قطع می کند. همچنین شتاب در هر لحظه دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در آن لحظه است.

❖ حرکت تند شونده : در حین حرکت تندی متحرک افزایش می یابد ← \vec{a} و \vec{v} هم جهت هستند ($av > 0$)

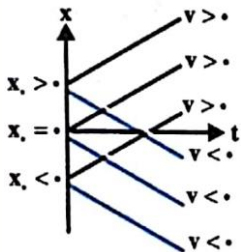
❖ حرکت کند شونده : در حین حرکت تندی متحرک کاهش می یابد ← \vec{a} و \vec{v} در خلاف جهت هم هستند ($av < 0$)

☺ به طور کلی هر حرکتی که به سرعت صفر (توقف لحظه ای) ختم شود کند شونده است و هر حرکتی که از سرعت صفر شروع می شود تندشونده است .



☞ نمونه : در شکل مقابل شتاب در نقاط A و B مثبت است زیرا شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در این دو لحظه مثبت است. همچنین به دلیل منفی بودن شیب خط مماس در D و E ، در این نقاط شتاب منفی است . در نقطه C مماس بر نمودار افقی و شیب آن صفر است ، بنابراین در این نقطه شتاب صفر است و جهت شتاب عوض می شود . همچنین در بازه زمانی بین نقاط B و E شتاب متوسط متحرک منفی است زیرا شیب خط واصل بین این دو نقطه از نمودار منفی است . همچنین با توجه به اینکه قبل از حرکت در بازه های زمانی مختلف ، حرکت زیر است . از A تا B : کندشونده از E تا C : تندشونده از C تا D : کندشونده از D تا E : تندشونده

همچنین در این شکل متحرک در لحظات B و D تغییر جهت می دهد .



$$v = v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = v \Delta t$$

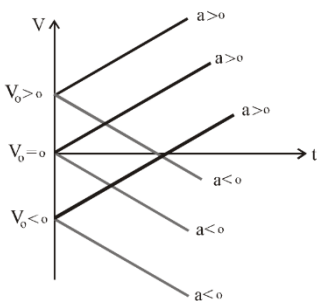
❖ حرکت سرعت ثابت :

$$x = vt + x_0$$

❖ معادله مکان - زمان در حرکت با سرعت ثابت :

☺ نمودار مکان - زمان در این حرکت به صورت خط راست است که شیب آن برابر سرعت و

عرض از مبدأ آن مکان اولیه جسم است .



$$a = a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow v = at + v_0$$

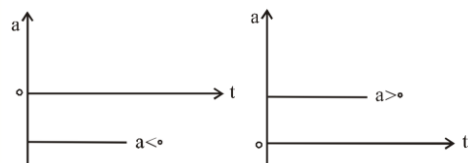
❖ معادله سرعت - زمان در حرکت با شتاب ثابت :

☺ نمودار سرعت - زمان در این حرکت به صورت خط راست است که شیب آن برابر شتاب و عرض از مبدأ

آن سرعت اولیه جسم است . همچنین نمودار شتاب - زمان آن به صورت یک خط راست افقی است .

$$v_{av} = \frac{v + v_0}{2}$$

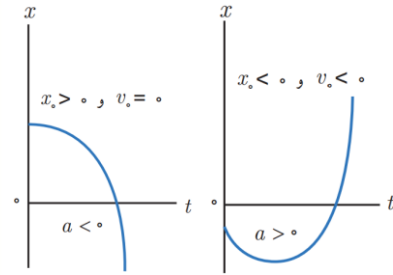
❖ معادله سرعت متوسط در حرکت با شتاب ثابت :



$$x = \left(\frac{v + v_0}{2} \right) t + x_0 \rightarrow \Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2} \right) t$$

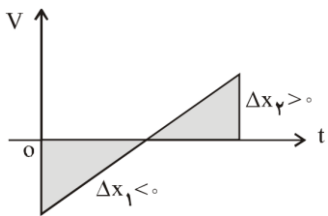
❖ معادله مستقل از شتاب در حرکت با شتاب ثابت :

❖ معادله سرعت - جابه جایی (مستقل از زمان) در حرکت با شتاب ثابت : $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$ یا $v^2 - v_1^2 = 2a\Delta x$



❖ معادله مکان - زمان در حرکت با شتاب ثابت : $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$

☺ : نمودار مکان - زمان این حرکت به صورت سهمی است. اگر شتاب مثبت باشد، تقعر نمودار (کاسه) رو به بالا خواهد بود و اگر شتاب منفی باشد، تقعر نمودار (کاسه) رو به پایین خواهد بود. همچنین عرض از مبدأ این نمودار نشان دهنده مکان اولیه جسم (x_0) است.



❖ تعیین جابه‌جایی از روی نمودار سرعت - زمان : مساحت سطح بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان

در کل زمان حرکت، با جابه‌جایی متحرک برابر است. بدیهی است که جابه‌جایی (سطح زیر نمودار) به ازای مقادیر منفی v در خلاف جهت محور x ($\Delta x < 0$) و به ازای مقادیر مثبت v ، در جهت محور x ($\Delta x > 0$) خواهد بود. بنابراین جابه‌جایی و مسافت طی شده برابر می‌شود با :

جمع با علامت (جبری) : $\Delta x = x_1 + x_2 + \dots$ جابه‌جایی کل $l = |\Delta x_1| + |\Delta x_2|$ مسافت کل طی شده

❖ شرط به هم رسیدن دو متحرک این است که مکان آنها با هم یکسان شود. برای به دست آوردن زمان به هم رسیدن دو متحرک باید معادله حرکت آنها را مساوی با یکدیگر قرار دارد.

فصل دوم : دینامیک

❖ نیرو : حاصل برهمکنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است. نیرو کمیتی برداری است که علاوه بر اندازه، جهت نیز دارد.

☺ : نیروی وارد بر یک جسم می‌تواند سبب تغییر سرعت جسم یا تغییر شکل آن شود.

❖ قانون اول نیوتون : یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند مگر آن که نیروی خالص غیرصفری به آن وارد شود.

☺ : لختی : اجسام میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آنها صفر است حفظ کنند، که به این خاصیت لختی می‌گویند ← در واقع لختی مقاومت جسم در مقابل تغییر وضعیت حرکت است.

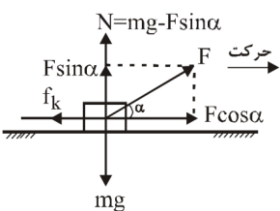
❖ قانون دوم نیوتون : وقتی نیروی خالصی به جسمی وارد می‌شود، سرعت آن تغییر می‌کند و جسم تحت تأثیر آن نیرو، شتابی در جهت نیروی خالص پیدا می‌کند.

$$\vec{F}_{Net} = m\vec{a}$$

☺ : این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و در همان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت وارون دارد.

☺ : در نوشتن F_{Net} دقت شود که باید نیروهای در راستای حرکت را در نظر گرفت و جهت شتاب را به عنوان جهت مثبت نیروها تعیین کرد.

☺ : هرگاه نیروی خالص وارد بر یک جسم صفر شود، اصطلاحاً گفته می‌شود که نیروهای وارد بر جسم متوازن اند.



☺ : در مسائل دینامیک معمولاً قانون دوم را باید در راستای محورهای x و y به کار ببریم. اگر نیرویی مایل باشد، باید آن را در این دو راستا تجزیه کرد. مانند شکل مقابل :

$$F_N + F \sin \alpha = mg \rightarrow F_N = mg - F \sin \alpha \quad \text{و} \quad f_k = \mu_k \cdot F_N = \mu_k (mg - F \sin \alpha)$$

$$F_{Net} = ma \rightarrow F \cos \alpha - f_k = ma \rightarrow F \cos \alpha - \mu_k (mg - F \sin \alpha) = ma$$

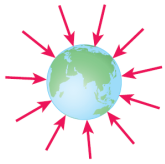
❖ قانون سوم نیوتون : هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم اندازه و هم راستا اما در خلاف جهت وارد می‌کند. (به این دو نیرو، نیروهای کنش و واکنش می‌گویند)

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21}$$

☺ : نیروهای کنش و واکنش منجر به اثرات متفاوتی شود؛ مثلاً هنگام کوبیدن میخ در قطعه‌ای چوب، چکش به میخ نیرو وارد می‌کند و سبب فرورفتن میخ در چوب می‌شود. نیروی وارد از میخ به چکش حرکت چکش را کند و متوقف می‌کند.

☺ نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می‌شوند و هم‌نوع‌اند؛ مثلاً هر دو الکتریکی‌اند، یا هر دو مغناطیسی‌اند و یا ...

☺ چون نیروهای کنش و واکنش به دو جسم مختلف وارد می‌شوند، بنابراین برآیند ندارند.



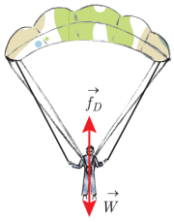
$$\vec{W} = m\vec{g}$$

❖ نیروی وزن: از طرف زمین به جسم وارد می‌شود و جهت آن به طرف مرکز زمین است.

☺ عکس‌العمل نیروی وزن از طرف جسم به زمین وارد می‌شود.

☺ جهت نیروی وزن و در نتیجه شتاب گرانشی همواره به طرف مرکز زمین است.

❖ نیروی مقاومت هوا (\vec{f}_D): نیرویی که هوا (شاره) به جسم در حال حرکت در آن و در خلاف جهت حرکت جسم وارد می‌کند و به بزرگی جسم و تندی آن وابسته است ← در حضور هوا هر چقدر جسمی سنگین‌تر باشد با شتاب بیشتری سقوط می‌کند.



☺ هر چه تندی جسم بیشتر باشد و یا این که سطح آن پهن‌تر باشد، نیروی مقاومت شاره وارد بر آن بیشتر خواهد شد.

☺ عکس‌العمل نیروی مقاومت هوا از طرف جسم به هوا وارد می‌شود.

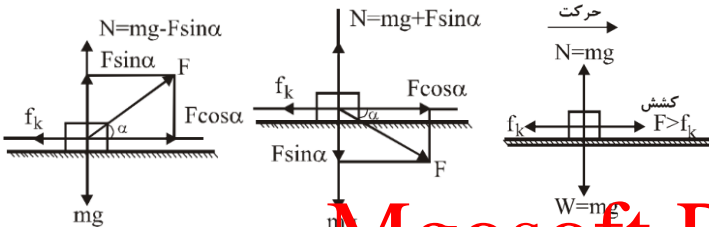
☺ برای جسمی که در هوا سقوط می‌کند وقتی نیروی مقاومت هوای وارد بر جسم با وزن آن هم‌اندازه شده و نیروهای وارد بر جسم متوازن می‌شوند، از این لحظه به بعد جسم با تندی ثابتی موسوم به **تندی حدی**، به طرف پایین حرکت می‌کند.

❖ نیروی عمودی سطح (\vec{F}_N): نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر

شکل سطح تماس دو جسم است و همواره از طرف سطح، رو به بیرون

سطح و عمود بر آن به جسم وارد می‌شود. در شکل‌های مقابل نیروی

عمودی سطح در چند حالت مختلف را محاسبه کرده‌ایم:



Mgosoftware PDF Encrypt

☺ عکس‌العمل نیروی عمودی سطح از طرف جسم به سطح وارد می‌شود.

☺ ترازو عکس‌العمل نیروی عمودی سطح را که جسم به آن وارد می‌کند نشان می‌دهد، بنابراین عدد آن برابر نیروی عمودی سطح است.

❖ نیروی عمودی سطح در آسانسور در حال حرکت با شتاب a :

$$F_N = m(g \pm a) \Rightarrow (+ : \text{تند شونده رو بالا یا کند شونده رو بالا یا تند شونده رو پایین}, - : \text{کند شونده رو بالا یا تند شونده رو پایین})$$

❖ نیروی اصطکاک: وقتی تلاش می‌کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت در آوریم، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند، با مقاومتی روبه‌رو می‌شویم که به آن نیروی اصطکاک گویند. نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، و زبری و نرمی آنها و ... بستگی دارد.

☺ نیروی اصطکاک بین دو جسم به علت ناهمواری‌های محل تماس دو جسم ایجاد می‌شود.

❖ نیروی اصطکاک ایستایی (f_s): تا زمانی که جسم ساکن می‌ماند به آن نیروی اصطکاک ایستایی وارد می‌شود که برابر با نیروی محرک (\vec{F}) است.

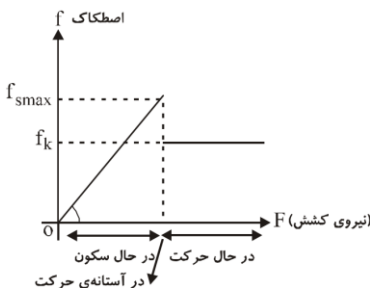
$$f_s \leq f_{s\max} \rightarrow f_s \leq \mu_s F_N$$

❖ نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ($f_{s\max}$): نیروی اصطکاک وارد بر جسم در آستانه حرکت است.

$$(\mu_s : \text{ضریب اصطکاک ایستایی}) \quad F > f_{s\max} \rightarrow \text{شرط حرکت جسم} \quad f_{s\max} = \mu_s F_N \rightarrow \text{آستانه حرکت}$$

❖ نیروی اصطکاک جنبشی (f_k): نیروی اصطکاک وارد بر جسم در حال حرکت است.

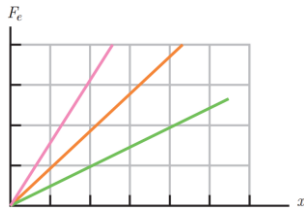
$$f_k = \mu_k F_N \quad (\mu_k : \text{ضریب اصطکاک جنبشی}, \mu_k < \mu_s)$$



❖ نیروی کشسانی فنر (F_e) :

$$F_e = k\Delta x$$

(K): ثابت فنر که به ساختار فیزیکی (اندازه و شکل) و جنس فنر وابسته است، Δx : تغییر طول فنر نسبت به طول عادی آن)

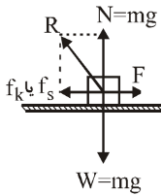


☺ جهت نیروی فنر همواره در جهتی است که فنر را به طول عادی خود بازگرداند.

☺ هرچه قدر فنر انعطاف پذیرتر باشد، ثابت آن (K) عددی کوچکتر خواهد بود.

☺ نمودار نیروی فنر بر حسب تغییر طول آن به صورت یک خط راست با شیب K است. هرچه ثابت فنر بیشتر باشد، شیب نمودار بیشتر و فنر سخت تر است.

❖ نیروی عکس العمل سطح (\vec{R}) : برابند نیروهای عمودی سطح (F_N) و اصطکاک (f) است که سطح به جسم وارد می کند.

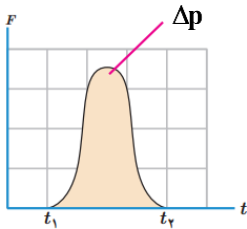


$$R = \sqrt{F_N^2 + f^2} \rightarrow \begin{cases} R = \sqrt{F_N^2 + f_{s,max}^2} \xrightarrow{f_{s,max} = \mu_s F_N} R = F_N \sqrt{1 + \mu_s^2} & \text{جسم در آستانه حرکت} \\ R = \sqrt{F_N^2 + f_k^2} \xrightarrow{f_k = \mu_k F_N} R = F_N \sqrt{1 + \mu_k^2} & \text{جسم در حال حرکت} \end{cases}$$

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

❖ تکانه (p) : حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن است ← کمیت برداری

☺ بردار تکانه همواره در جهت بردار سرعت جسم است بنابراین همواره بر مسیر حرکت مماس است و با توجه به جهت آن نیز می توان به جهت حرکت پی برد.



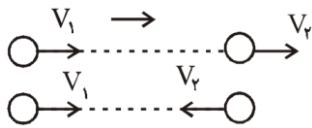
$$\vec{F}_{Net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \rightarrow \Delta \vec{p} = F_{Net} \Delta t$$

❖ قانون دوم نیوتون بر حسب تکانه برای نیروی ثابت:

☺ تغییر تکانه یک جسم برابر با مساحت سطح زیر نمودار نیرو - زمان آن است.

Mgosoft PDF Encrypt

❖ **تذکر:** تغییر تکانه $(\Delta \vec{p})$ برداری است در جهت بردار تغییرات سرعت $(\Delta \vec{v})$. اگر متحرک روی خط راست بدون تغییر جهت یا با تغییر جهت حرکت کند، با فرض این که سمت راست جهت مثبت است، خواهیم داشت:



$$\Delta p = m(v_2 - v_1) \quad \text{بدون تغییر جهت}$$

(v_1 و v_2 مثبت جایگذاری شوند)

$$\Delta p = m(-v_2 - v_1) \rightarrow |\Delta p| = m(v_1 + v_2) \quad \text{با تغییر جهت}$$

جهت

$$K = \frac{p^2}{2m} = \frac{1}{2}pv \rightarrow \text{رابطه مقایسه ای: } \frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^2 \times \frac{m_1}{m_2} \quad \text{یا} \quad \frac{K_2}{K_1} = \frac{p_2}{p_1} \times \frac{v_2}{v_1} \quad \text{رابطه تکانه و انرژی جنبشی جسم:}$$

☺ انرژی جنبشی جسم با مربع تکانه متناسب است.

❖ نیروی گرانشی بین دو ذره به جرم های m_1 و m_2 که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2, \text{ ثابت گرانش عمومی})$$

☺ نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصله آنها از یکدیگر نسبت وارون دارد

$$W = G \frac{M_e m}{R_e^2} \quad \text{و} \quad g = G \frac{M_e}{R_e^2} \quad (\text{جرم زمین: } M_e, \text{ شعاع زمین: } R_e)$$

❖ وزن و شتاب گرانش جسم در سطح زمین: با فاصله گرفتن از سطح زمین، شتاب گرانش و وزن جسم کاهش می یابد.

$$W = G \frac{M_e m}{(R_e + h)^2} \quad \text{و} \quad g = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$$

فصل سوم: نوسان و امواج

❖ حرکت نوسانی ساده: حرکتی شتاب دار و با شتاب

متغیر است که دارای ویژگی های زیر است:

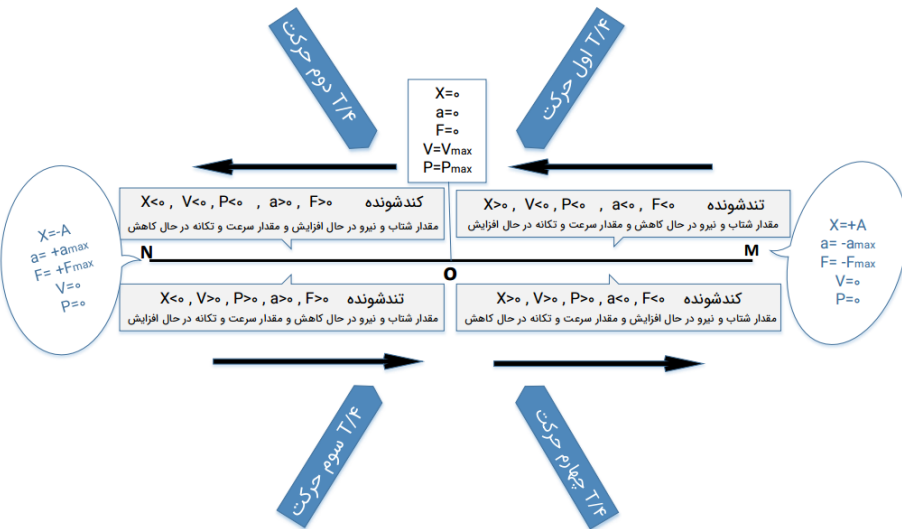
- 1 مسافت طی شده در یک نوسان کامل $4A$
- 2 نوسانگر در یک نوسان کامل، ۲ بار پاره خط نوسان را طی می کند.

3 جهت شتاب نوسانگر همواره به سمت مرکز

نوسان است؛ یعنی بردار شتاب نوسانگر همواره در خلاف جهت بردار مکان آن است. همچنین بزرگی شتاب متناسب با فاصله نوسانگر از مرکز نوسان است.

4 به طور کلی اگر نوسانگر به مرکز نوسان نزدیک

شود، حرکتی تندشونده و اگر از مرکز نوسان دور شود، حرکتی کندشونده دارد.



❖ دوره (T): مدت زمان یک نوسان کامل (یک چرخه کامل نوسان) را دوره می گویند ← واحد: ثانیه

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{واحد: Hz, هرتز})$$

❖ بسامد (فرکانس): تعداد نوسان های انجام شده در مدت یک ثانیه.

$$x = A \cos \omega t$$

❖ معادله مکان - زمان در حرکت هماهنگ ساده:

☺ در این رابطه A دامنه نوسان است؛ به عبارتی دامنه حرکت، بیشینه فاصله جسم از نقطه تعادل است. توجه کنید که دامنه، فاصله بین دو انتهای مسیر نیست.

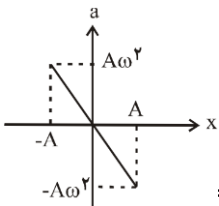
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

❖ بسامد زاویه ای (ω) ← واحد: rad/s

$$v_{max} = A\omega = A(2\pi f) = A\left(\frac{2\pi}{T}\right)$$

❖ رابطه بیشینه سرعت نوسانگر (در مرکز نوسان):

❖ رابطه شتاب - مکان نوسانگر: $a_{max} = A\omega^2$: بیشینه شتاب نوسانگر (در نقاط بازگشتی) $a = -\omega^2 x$

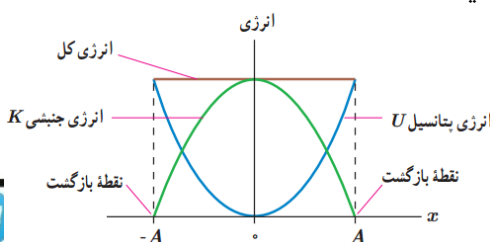


☺ نمودار شتاب - مکان نوسانگر خطی راست و مبدأ گذر با شیب $-\omega^2$ است.

❖ رابطه نیرو - مکان نوسانگر: $F_{max} = mA\omega^2$: بیشینه نیروی نوسانگر (در نقاط بازگشتی) $F = -m\omega^2 x$

❖ دوره تناوب و بسامد زاویه ای سامانه جرم - فنر: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow k = m\omega^2$ (m: جرم نوسانگر، k: ثابت فنر) و $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

☺ دوره فنر فقط به جرم و ثابت آن بستگی دارد و به عوامل دیگر مانند دامنه، g و ... وابسته نیست.



$$E = \frac{1}{2}kA^2$$

❖ انرژی مکانیکی سامانه جرم - فنر:

❖ انرژی مکانیکی نوسانگر هماهنگ ساده: $E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \frac{1}{2} \pi^2 m f^2 A^2$

☺ انرژی مکانیکی هر نوسانگری با مربع دامنه و مربع بسامد متناسب است.

☺ انرژی مکانیکی نوسانگر همواره و در همه مکان‌ها ثابت است و برابر با بیشترین انرژی جنبشی یا بیشترین پتانسیل نوسانگر می‌باشد

$$E = K_{\max} = U_{\max}$$

❖ دوره تناوب و بسامد زاویه ای آونگ ساده: (L : طول آونگ، g : شتاب گرانش) $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ و $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$

☺ دوره، بسامد و بسامد زاویه ای نوسان آونگ، به جرم آن بستگی ندارد و فقط به طول آونگ و شتاب گرانش وابسته است.

❖ تشدید: اگر بسامد نیروی دوره ای اعمال شده به نوسانگر (بسامد واداشته، f_D) با بسامد طبیعی آن نوسانگر (f_0)، که از طریق فرمول محاسبه می‌شود، برابر گردد، در این حالت گفته می‌شود نوسانگر دچار تشدید (رزونانس) شده است.

☺ بسامد واداشته: نوسان‌هایی با منشأ یک نیروی خارجی که در آن نوسانگر می‌تواند با اعمال یک نیروی خارجی با بسامد های دلخواه به نوسان در آید.

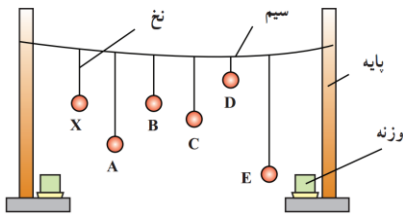
☺ بسامد (یا دوره) نوسان طبیعی از ویژگی های ساختاری نوسانگر است. مثلاً، بسامد آونگ ساده کم دامنه به طول آونگ (L) بستگی دارد.

☺ در حالت تشدید، با اعمال این نیرو دامنه نوسان افزایش می‌یابد و به یک مقدار بیشینه می‌رسد و از این پس حرکت نوسانی بدون کاهش دامنه ادامه می‌یابد. در این حالت نیروی اعمال شده اثر نیروهای اتلافی را خنثی می‌کند.

☺ تذکر: اگر تاب را با بسامدهایی بیشتر یا کمتر از بسامد طبیعی آن هل دهیم، دامنه نوسان کوچک تر از حالتی خواهد شد که آن را با بسامد طبیعی اش هل می‌دهیم. در این حالت دامنه نوسان رفته رفته کاهش یافته و نوسان‌ها میرا شده و در نهایت نام نوسانگر متوقف می‌شود.

Mgsoft PDF Encrypt

☺ در حالت تشدید نوسانگر با بیشترین دامنه نوسان کرده و بیشترین انرژی به آن منتقل می‌شود.



☺ نمونه: در شکل مقابل با نوسان آونگ X آونگ های A، C، D، و E نیز به نوسان درمی‌آیند، اما پس از چند نوسان می‌ایستند. ولی آونگ B که دوره آن با آونگ X یکسان است، در مدت طولانی تری می‌ایستد. دقت شود در حالتی هم که بسامد واداشته با بسامد طبیعی نوسانگر برابر نیست، انرژی به نوسانگر منتقل می‌شود. مثلاً در شکل مقابل به آونگ های A، C، D، و E انرژی منتقل می‌شود ولی بیشترین انرژی به E می‌رسد.

❖ امواج مکانیکی: برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند ← نمونه: موج صوتی، موج ایجاد شده در طناب یا فنر، موج ایجاد شده در آب و ...

❖ امواج الکترومغناطیسی: برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند و در خلأ نیز منتشر می‌شوند ← نمونه: نور مرئی، امواج رادیویی و ...

☺ به رغم متفاوت بودن منشأ امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی، همگی آنها مشخصه های یکسانی دارند.

❖ موج عرضی: راستای نوسان ذره های محیط، عمود بر راستای انتشار موج است.

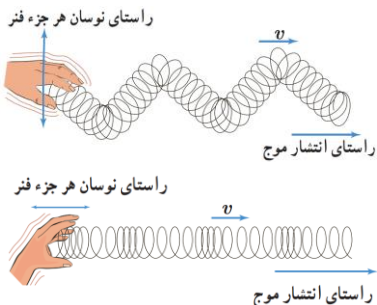
☺ موج های مکانیکی عرضی در محیط هایی منتشر می‌شوند که نیروی بین مولکولی قوی باشد؛

بنابراین فقط در سطح مایعات و در جامدات (مثل طناب یا فنر) ایجاد می‌شود.

☺ امواج الکترومغناطیسی از نوع عرضی اند و علاوه بر خلأ در هر سه حالت ماده منتشر می‌شوند.

❖ موج طولی: راستای نوسان ذره های محیط، موازی با راستای انتشار موج است.

☺ موج های مکانیکی طولی مانند صوت در هر سه حالت ماده یعنی جامد، مایع و گاز منتشر می‌شوند.



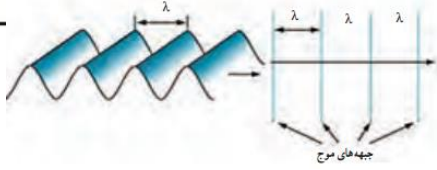
☺ تذکر: به موج های عرضی و طولی، موج های پیش رونده گفته می‌شود. زیرا، هر دوی این موج ها از نقطه ای به نقطه دیگر حرکت کرده و

انرژی را با خود منتقل می‌کنند. توجه کنید این موج است که از یک سر به سر دیگر حرکت می‌کند نه ماده ای (در مثال های بالا فنر) که موج

در آن حرکت می‌کند. بنابراین ذرات محیط منتقل نمی‌شوند و فقط در مکان های معین خود نوسان می‌کنند.

❖ طول موج (λ): مسافتی که موج در مدت یک دوره می پیماید.

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} \quad (v: \text{تندی انتشار موج})$$



😊: فاصله بین دو جبهه موج متوالی برابر طول موج است.

😊: فاصله دو قله یا دو دره متوالی از موج برابر طول موج (λ) است ← فاصله یک قله از دره مجاورش = $\frac{\lambda}{2}$

🌟 **تذکر:** با تغییر محیط انتشار موج، بسامد آن تغییر نمی کند زیرا بسامد موج به چشمه تولید آن (دیاپازون) بستگی دارد، اما تندی موج و نیز طول

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

موج آن تغییر می کنند زیرا وابسته به جنس و ویژگی های فیزیکی محیط هستند.

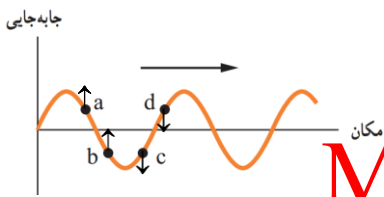
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

❖ تندی انتشار موج عرضی در تار یا فنر: (F: نیروی کشش، μ: چگالی خطی جرم)

😊: اگر بخشی از طناب بریده شود، μ تغییر نمی کند ولی اگر با ثابت ماندن جرم طناب، طول آن تغییر کند (مثلاً طناب را بکشیم یا در اثر تغییر دما دچار انبساط طولی شود)، در این صورت μ تغییر می کند.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \frac{v}{d} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}$$

❖ اثر جنس (چگالی ρ) و سطح مقطع تار (A) در تندی انتشار موج در آن: (d: قطر تار)



❖ برای تعیین جهت جابه جایی نقاط مختلف محیط انتشار موج باید به وضعیت نقاط قبل از آن که با توجه

به جهت انتشار تعیین می شوند نگاه کرد. به عنوان مثال چون در شکل مقابل جهت انتشار موج به سمت

راست است، پس برای تعیین جهت نوسان نقاط باید به وضعیت نقاط سمت چپ آنها نگاه کرد. مثلاً

چون نقاط سمت چپ نقطه a بالاتر از آن قرار دارند پس نقطه a به سمت بالا جابه جایی می شود.

Mgosoft PDF Encrypt

❖ ویژگی امواج الکترومغناطیسی: در میدان های الکتریکی و مغناطیسی متغیر ایجاد می شوند.

۱- میدان الکتریکی \vec{E} همواره عمود بر میدان مغناطیسی \vec{B} است.

۲- میدان های الکتریکی و مغناطیسی \vec{E} و \vec{B} همواره بر جهت حرکت موج عمودند.

و در نتیجه موج الکترومغناطیسی، یک موج عرضی است.

۳- میدان ها با بسامد یکسان و همگام با یکدیگر تغییر می کنند.

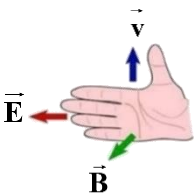
۴- تندی امواج الکترومغناطیسی در خلأ یکسان است.

۵- بار الکتریکی ندارند و بنابراین در میدان های الکتریکی و مغناطیسی منحرف نمی شوند.

۶- امواج الکترومغناطیسی انرژی را به صورت انرژی میدان های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می کنند.

❖ قاعده دست راست برای تعیین جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی:

(۱) انگشت دست در جهت \vec{E} (۲) میدان مغناطیسی \vec{B} از کف دست خارج شود. (۳) انگشت شست، جهت انتشار موج را نشان می دهد.



$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = (\mu_0 \epsilon_0)^{-\frac{1}{2}} \rightarrow c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

❖ تندی امواج الکترومغناطیسی در خلأ (c):

❖ نکات طیف امواج الکترومغناطیسی:

۱- با حرکت از امواج رادیویی به سمت پرتوهای گاما،

بسامد، انرژی فوتون و قدرت نفوذ پرتوها افزایش می یابد

ولی طول موج و دوره امواج کاهش می یابد.

۲- مقایسه طول موج امواج رادیویی:

$$ELF > AM > FM$$



بنفش	نیلی	آبی	سبز	زرد	نارنجی	قرمز
------	------	-----	-----	-----	--------	------

افزایش بسامد، انرژی فوتون و ضریب شکست و کاهش طول موج

☺: به وجود میکرو موج ها بین امواج فرسرخ و رادیویی دقت کنید.

❖ صوت موج طولی: معمولاً سرعت انتشار موج صوتی در جامدها بیشتر از مایع ها و در مایع ها بیشتر از گاز ها است.

☺: تندی صوت افزون بر جنس محیط به دما نیز بستگی دارد و معمولاً در یک محیط معین با افزایش دما تندی انتشار صوت بیشتر می شود.

☺: جبهه های موج صوتی در فضا به صورت کروی هستند.

☺: برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است.

❖ محدودهٔ بسامدی شنوایی انسان: گوش انسان قادر به شنیدن تُن های صدای ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz است. (۲۰ Hz < f: فرصوت، f > ۲۰۰۰۰ Hz: فراصوت)

❖ شدت صوت (I): برابر با آهنگ متوسط انرژی ای است که توسط موج به واحد سطح، عمود بر راستای انتشار صوت می رسد یا از آن عبور می کند. (P̄: توان متوسط منبع صوت، E: انرژی صوتی که در مدت t به سطح می رسد، r: فاصله از منبع)

$$I = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} = \frac{E}{At}$$

❖ چون $E \propto A^2 \times f^2$ است (A: دامنهٔ موج، f: بسامد صوت)، بنابراین $I \propto \frac{A^2 \times f^2}{r^2}$ است. پس داریم:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{A_2}{A_1} \times \frac{f_2}{f_1} \times \frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

❖ تراز شدت صوت بر حسب دسی بل: $\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$ (I₀ = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲: شدت صوت مرجع)

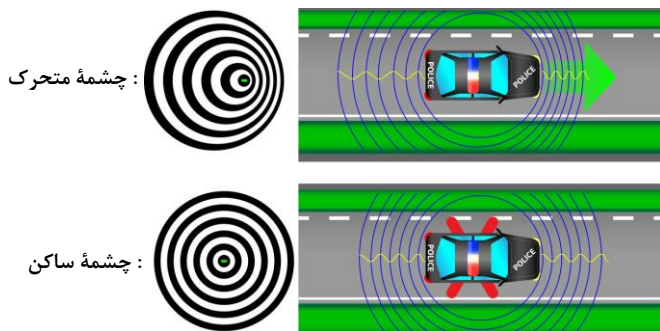
❖ تغییرات تراز شدت صوت: $\beta_2 - \beta_1 = 20 \log \left(\frac{A_2}{A_1} \times \frac{f_2}{f_1} \times \frac{r_1}{r_2} \right)$ و $\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$

❖ ادراک شنوایی: هر تُن موسیقی دارای دو ویژگی متمایز ارتفاع و بلندی است که هر دو به ادراک شنوایی ما بستگی دارد.

☺: ارتفاع: بسامدی است که گوش انسان درک می کند؛ مثلاً اگر چند دیاپازون با بسامدهای مختلف به طور یکسان نواخته شوند بسامد آنها را می توان از کمترین تا بیشترین مقدار تشخیص داد. بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گسترهٔ ۲۰۰۰ Hz تا ۵۰۰۰ Hz است.

☺: بلندی: شدتی است که گوش انسان از صوت درک می کند. اگر یک دیاپازون با بسامد مشخص را با ضربه هایی متفاوت به ارتعاش واداریم، با آنکه بسامد صدایی که می شنویم تغییر نمی کند، اما صداهایی با بلندی متفاوت را حس می کنیم که این به شدت ضربه ها بستگی دارد.
 *تذکر: بلندی متفاوت با شدت است. شدت را می توان با یک آشکار ساز اندازه گرفت، در حالی که بلندی چیزی است که شما حس می کنید.

❖ اثر دوپلر:



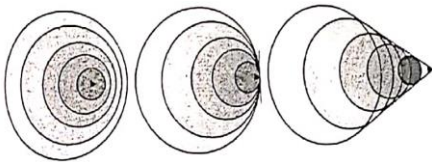
☺: بررسی طول موج: طول موج صوت دریافتی توسط ناظر تنها به حرکت چشمهٔ صوت وابسته است (نه به حرکت ناظر).

۱- اگر چشمهٔ صوت ساکن باشد، طول موج صوت در عقب و جلوی چشمه یکسان خواهد بود.

۲- اگر چشمهٔ صوت متحرک باشد، طول موج صوت در عقب چشمه بزرگتر از طول موج صوت در جلوی چشمه است.

☺: بررسی بسامد دریافتی توسط ناظر:

- ۱- به طور کلی اگر ناظر و چشمه به هم نزدیک شوند ، بسامد صوت دریافتی توسط ناظر از بسامد صوت چشمه بیشتر خواهد بود.
 ۲- به طور کلی اگر ناظر و چشمه از هم دور شوند ، بسامد صوت دریافتی توسط ناظر از بسامد صوت چشمه کمتر خواهد بود.



☺ : به سه شکل مقابل دقت کنید :

- ۱- در شکل سمت چپ ، تندی چشمه از تندی صوت کمتر است .
 ۲- در شکل وسط ، تندی چشمه برابر تندی صوت است .
 ۳- در شکل سمت راست ، تندی چشمه از تندی صوت بیشتر است .

❖ برهم کنش های موج با محیط : ۱- بازتاب ← مانند پژواک ۲- شکست ← مانند تصویر ایجاد شده در عینک ، میکروسکوپ و ...

❖ بازتاب امواج : برای هر وضعیت مانع ، و همه انواع موج ، مانند امواج تخت ، دایره ای یا کروی نیز همواره

زاویه بازتابش (θ_r) برابر با زاویه تابش (θ_i) است .

$$\theta_i = \theta_r$$

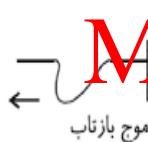
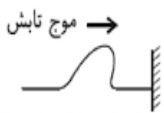
☺ : زاویه های تابش و بازتابش به ترتیب زاویه بین پرتوهای تابش و بازتابش با خط عمود بر سطح مانع است.

☺ : یک پرتو ، پیکان مستقیمی عمود بر جبهه های موج است که جهت انتشار موج را نشان می دهد .

* تذکر: به طور کلی بسامد ، تندی و طول موج های تابیده و بازتابیده یکسان است .

☺ : پرتوی تابش ، پرتوی بازتابش ، و خط عمود بر سطح بازتابنده ، در هر بازتابشی در یک صفحه واقع اند .

❖ مثال های بازتاب :



الف) بازتاب در یک بعد : بازتاب تی ایجاد شده در یک طناب با فنر از مانع سخت (دیوار)

☺ : برای به دست آوردن شکل تپ بازتابیده ، یا ابتدا تپ تابیده را نسبت به راستای طناب منعکس کنید

قرینه کنیم و سپس قرینه تپ جدید ایجاد شده را نسبت به راستای مانع (دیوار) رسم کنیم.

ب) بازتاب در دو بعد : بازتاب موج ایجاد شده در سطح آب تحت موج

پ) بازتاب در سه بعد :

☼ ۱- بازتاب امواج صوتی ← پژواک : اگر صوت پس از بازتاب ، با یک تأخیر زمانی به گوش شنوندهای برسد که صوت اولیه را مستقیماً می شنود ، به چنین بازتابی پژواک میگویند .

☺ : اگر تأخیر زمانی بین این دو صوت کمتر از $0.1s$ باشد ، گوش انسان نمی تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد .

☺ : اگر تندی صوت در هوا را $340 m/s$ در نظر بگیریم ، حداقل فاصله بین ما و مانع باید $17m$ باشد تا بتوانیم پژواک صدای خود را از

صدای اصلی تمییز دهیم . به طور کلی برای تمییز پژواک از صوت اصلی ، حداقل فاصله بین ما و مانع باید برابر باشد با : $L_{min} = \frac{1}{2} v$ صوت 20

☺ : مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر ، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آنها (اثر دوپلر) به کار می رود ← کاربرد: در

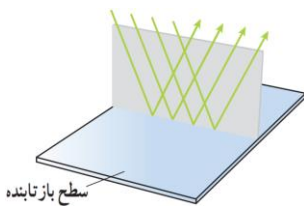
دستگاه سونار کشتی ها ، سونوگرافی ، خفاش ها ، دوربین های کنترل سرعت پلیس و ...

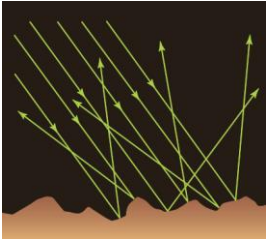
☼ ۲- بازتاب امواج الکترومغناطیسی : بازتاب امواج رادیویی یا بازتاب نور مرئی .

❖ انواع بازتاب نور مرئی :

۱- بازتاب منظم (آینه ای) : مواردی که سطح بازتابنده نور همچون یک آینه ، بسیار هموار باشد .

☺ : در بازتاب آینه ای از یک آینه تخت ، بازتابش یک دسته پرتوی موازی را فقط در یک جهت می توانید ببینید .





۲- بازتاب نامنظم (پخشنده): این بازتاب وقتی رخ می دهد که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد.

پرتوهای نور به طور کاتوره ای از پستی و بلندی های سطح بازتابیده، و در تمام جهات پراکنده می شوند.
 ☺ در بازتاب پخشنده، بازتابش یک دسته پرتوی موازی را می توانید در جهت های مختلف مشاهده کنید.
 به دلیل این بازتاب است که شما این صفحه کاغذ، دیوار، دستتان، دوست خود و... را می بینید.

❗ **تذکر:** اگر ابعاد ناهمواری های یک سطح کوچک تر از طول موج نور باشد، آن سطح برای نور سطحی هموار محسوب می شود. اما اگر ابعاد ناهمواری های

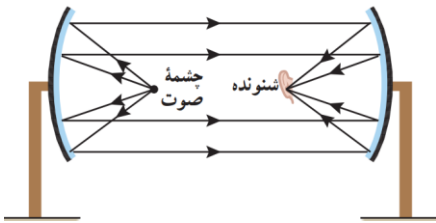
یک سطح بزرگ تر از طول موج نور باشد، چنین سطحی برای نور مرئی، ناهموار محسوب می شود.

❖ بازتاب از سطوح کاو: اگر یک دسته پرتوی امواج الکترومغناطیسی یا صوتی موازی با محور یک

سطح کاو، بر این سطح بتابند، در نقطه ای مقابل سطح که به آن کانون می گویند، کانونی می شوند.

☺ بر عکس این اتفاق نیز رخ می دهد؛ یعنی اگر یک دسته پرتوی موج از کانون یک سطح کاو، بر

این سطح بتابند، موازی با محور سطح بازتابیده می شوند.



❖ شکست موج: با عبور موج از یک مرز و ورود آن به محیط دیگر، تندی موج تغییر می کند و ممکن است جهت انتشار موج نیز تغییر کند و

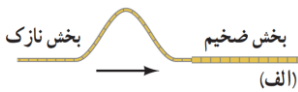
اصطلاحاً موج شکست پیدا کند.

❖ مثال های شکست امواج:

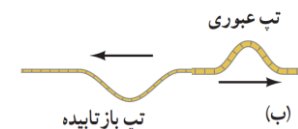
الف) شکست در یک بعد: وقتی موج به مرز جدایی دو طناب می رسد بخشی از آن بازتابیده می شود و بخشی دیگر عبور می کند که این

افزون بر جذب موج است که در هر دو تغییر رخ می دهد.

☺ دقت شود به طور کلی در همه انواع شکست امواج، بسامد موج های فرودی، عبوری و بازتابیده یکسان است.



1 اگر تپ از بخش نازک به بخش ضخیم طناب برود μ افزایش $v = \sqrt{F/\mu}$ کاهش v کاهش $\lambda = v/f$ کاهش λ



2 اگر تپ از بخش ضخیم به بخش نازک طناب برود μ کاهش $v = \sqrt{F/\mu}$ افزایش v افزایش $\lambda = v/f$ افزایش λ

ب) شکست در دو بعد: شکست امواج سطح آب تحت موج:

☺ می دانیم تندی موج در بخش عمیق آب تحت موج بیشتر از تندی آن در بخش کم عمق است.

1 اگر موج از بخش عمیق به بخش کم عمق آب برود v کاهش $\lambda = v/f$ کاهش λ

2 اگر موج از بخش کم عمق به بخش عمیق آب برود v افزایش $\lambda = v/f$ افزایش λ

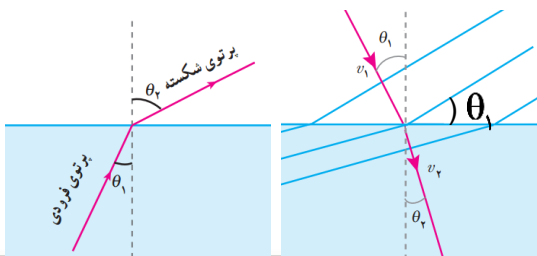
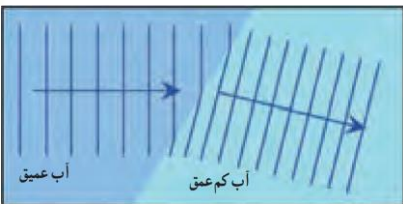
☺ برای ایجاد امواج تخت در سطح آب تحت موج باید از تیغه ای تخت استفاده کرد.

❖ قانون شکست عمومی: $\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$ (θ_1 : زاویه تابش، θ_2 : زاویه شکست)

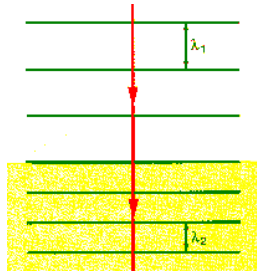
☺ محیط (1) محیطی است که پرتوی تابش در آن قرار دارد.

1 اگر $v_1 < v_2$ باشد (شکل چپ) $\theta_1 < \theta_2$ ← پرتوی شکست از خط عمود بر مرز دور می شود.

2 اگر $v_1 > v_2$ باشد (شکل راست) $\theta_1 > \theta_2$ ← پرتوی شکست به خط عمود نزدیک می شود.



تذکره: زاویه جبهه های موج با ملع برابر زاویه تابش است



❖ اگر پرتوی تابش عمود بر مرز جدایی دو محیط بتابد، در عبور از مرز تغییر جهت نمی دهد و در اثر شکست تنها تندی انتشار موج و طول موج آن تغییر می کند.

👉 نمونه: در شکل مقابل پرتوی موج از محیطی با تندی بیشتر به محیطی با تندی کمتر به طور عمود وارد می شود و بنابراین طول موج آن کاهش می یابد ولی جهت انتشار آن تغییر نمی کند.

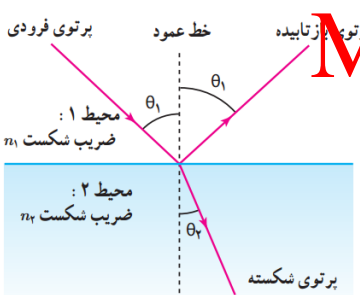
(پ) شکست در سه بعد: شکست امواج صوتی و الکترومغناطیسی

❖ شکست امواج الکترومغناطیسی:

😊 ضریب شکست یک محیط شفاف (n): برابر با نسبت تندی نور در خلأ به تندی نور در آن محیط است.

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow \text{رابطه مقایسه ای} : \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

(ضریب شکست هوا تقریباً با خلأ برابر است و برابر ۱ می باشد)

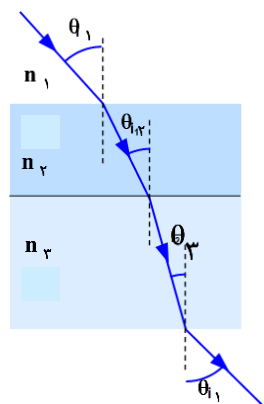


تذکره: هرچقدر یک محیط غلیظ تر باشد، ضریب شکست آن بیشتر خواهد بود.

❖ قانون شکست اسنل ← فقط برای شکست امواج الکترومغناطیسی: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

1 اگر نور از محیط غلیظ به رقیق برود $(n_2 < n_1) \rightarrow \theta_1 < \theta_2$ ← پرتوی شکست از خط عمود بر مرز دور می شود

2 اگر نور از محیط رقیق به غلیظ برود $(n_2 > n_1) \rightarrow \theta_1 > \theta_2$ ← پرتوی شکست به خط عمود نزدیک می شود.



❖ تیغه متوازی السطوح: اگر محیط اول و آخر یکسان باشد (مانند شکل مقابل)، پرتوی نور ورودی به تیغه با پرتوی خروجی از آن موازی خواهد بود و بنابراین این دو پرتو با خط عمود بر مرز زاویه برابر می سازند $(\theta_1 = \theta_2)$.

👉 تذکره: در تیغه متوازی السطوح رابطه اسنل را می توان بین هر دو محیط دلخواه نوشت. پس در شکل مقابل داریم:

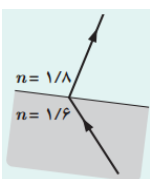
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3$$

😊 در هر محیط شفاف، theta با n رابطه عکس و با v رابطه مستقیم دارد؛ یعنی: theta بیشتر ← n کمتر و v بیشتر

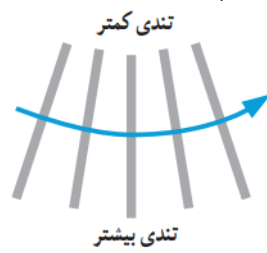
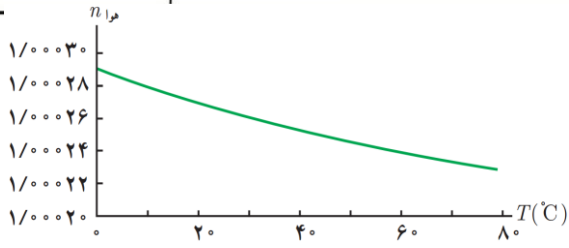
👉 نمونه: در شکل مقابل داریم: $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3$ ← $n_3 > n_2 > n_1$ و $v_3 > v_2 > v_1$

❖ در مبحث شکست موج، دقت شود که پرتوی شکست باید همان امتداد پرتوی تابش را با کمی تغییر جهت ادامه دهد

و نباید از خط عمود بر مرز رد شود. بنابراین به عنوان مثال شکل مقابل از نظر فیزیکی امکان پذیر نیست.

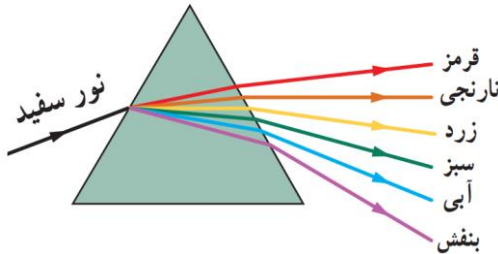


❖ پدیده سراب: این پدیده در مکان هایی رخ می دهد



که با نزدیک شدن به سطح زمین هوا گرم تر شود و در نتیجه این افزایش دما چگالی هوا کاهش یافته و هوا رقیق تر می شود؛ بنابراین ضریب شکست هوا کاهش می یابد و در نتیجه آن با نزدیک شدن به سطح

زمین تندی انتشار امواج نور و طول موج آن ها افزایش می یابد و فاصله جبهه های موج افزایش می یابد. این امر موجب خم شدن رو به بالای پرتوهای نور می شود.



❖ پاشندگی نور: وقتی باریکه نوری شامل پرتوهایی با طول موج های مختلف باشد، این پرتوها هنگام عبور از مرز دو محیط در زاویه های مختلفی شکسته می شوند. به این پخشندگی نور، **پاشندگی نور** می گویند (مانند پاشندگی نور سفید در منشور).
 😊 ضریب شکست هر محیطی به جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد؛ عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج های کوتاه تر، بیشتر است.

فصل چهارم: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته ای

نظریه نسبیت خاص: مربوط به مطالعه پدیده ها در تندی های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور

Mgsoft PDF Encrypt

❖ نظریه های فیزیک جدید: نظریه نسبیت عام: در بوط به مطالعه هندسه فضا-زمان و گرانش
 نظریه کوانتومی: مربوط به مطالعه پدیده ها در مقیاس های بسیار کوچک، مانند اتم ها و ذره های سازنده آنها

❖ فوتون: امواج الکترومغناطیسی مجموعه ای از بسته های انرژی هستند که به هر بسته انرژی فوتون می گویند. انرژی هر فوتون (کوانتوم انرژی) برابر است با:
 $E_0 = hf = \frac{hc}{\lambda}$ ($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ ، ثابت پلانک)

😊 با تغییر محیط انتشار موج الکترومغناطیسی، انرژی فوتون تغییر نمی کند زیرا بسامد موج که تنها به چشمه موج بستگی دارد تغییر نمی کند.
 😊 الکترون ولت (eV) واحد انرژی است:

❖ انرژی موج الکترومغناطیسی کمیتی **کوانتیده** است و مضرب درستی از کوانتوم انرژی است: (n : تعداد فوتون ها)
 $E = nE_0 = nhf = \frac{nhc}{\lambda}$

😊 در حل مسائل می توانیم hc را برابر 1240 eV.nm در نظر بگیریم. البته باید توجه داشت در این صورت باید λ بر حسب nm باشد.
 ❖ شدت تابشی (I): میزان انرژی امواج الکترومغناطیسی است که در واحد زمان از واحد سطح اجسام گسیل می شود:

$$\frac{W}{m^2} \leftarrow I = \frac{P}{A} = \frac{E}{A.t} = \frac{nhf}{A.t} = \frac{nhc}{\lambda.A.t} \rightarrow (I \propto nf \text{ یا } I \propto \frac{n}{\lambda})$$

نور با بسامد مناسب



❖ اثر فوتوالکتریک: وقتی نوری با بسامد مناسب (انرژی کافی) مانند نور فرابنفش به سطح فلزی بتابد الکترون هایی از آن گسیل می شوند. این پدیده فیزیکی را، **اثر فوتوالکتریک** و الکترون های جدا شده از سطح فلز را **فوتوالکترتون** می نامند.

😊 وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون های فلز برهمکنش می کند.

- ❖ اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به طور آبی از آن گسیل می شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می شود.
- ❖ بسامد آستانه (f_0): حداقل بسامد مورد نیاز فوتون برای رخ دادن پدیده فوتوالکتریک است ← بسامد آستانه فقط به جنس فلز بستگی دارد.
- ❖ طول موج آستانه (λ_0): بلند ترین طول موجی فوتون است که به ازای آن پدیده فوتوالکتریک رخ می دهد.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$$
- ❖ شرط وقوع پدیده فوتوالکتریک: $f > f_0$ ① $\lambda < \lambda_0$ ②
- ❖ برای نوری که فوتون های آن دارای حداقل انرژی لازم برای وقوع پدیده فوتوالکتریک هستند، افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکترون ها می شود، در حالی که انرژی جنبشی فوتوالکترون ها بدون تغییر می ماند.
- ❖ ناتوانی های فیزیک کلاسیک در توجیه پدیده فوتوالکتریک:

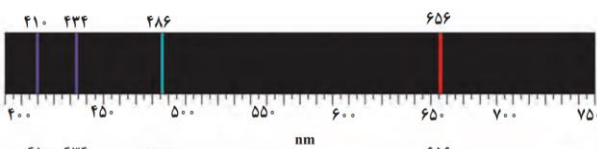
- ① بنا به این دیدگاه، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست ← بسامد باید از بسامد آستانه بیشتر باشد.
- ② یکی از پیامدهای نظریه الکترومغناطیسی ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است. بنابراین به ازای یک بسامد معین، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون ها با انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند، نتیجه ای که تجربه آن را تأیید نمی کند.
- ❖ تابش گرمایی: همه اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می کنند که به آن تابش گرمایی گفته می شود. ☺ در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیه فرورسرخ طیف قرار دارد ولی اجسام در دماهای بالا از سطح خود امواج پر انرژی تر مانند نور مرئی گسیل می کنند.

Mgosoft PDF Encrypt

- طیف ناشی از جامد های ملتهب (رسته طلیز داخلی لامپ یا زغال ملتهب) ← طیف پیوسته
- انواع طیف
 - طیف گسیلی
 - طیف ناشی از بخار کم فشار و رقیق یک عنصر در حالت برانگیخته ← طیف خطی (گسسته)
 - طیف جذبی خطی (گسسته): ناشی از عبور نور سفید از بخار کم فشار و رقیق یک عنصر و تجزیه آن در منشور است.
- ❖ طیف گسیلی پیوسته شامل گستره پیوسته ای از طول موجهاست. طیف گسیلی خطی شامل زمینه ای تاریک و خط های رنگی (روشن) است و طیف جذبی خطی شامل زمینه رنگی پیوسته و تعدادی خطوط تاریک روی آن است.
- ☺ تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهمکنش قوی بین اتم های سازنده آن است. حال آن که گازهای کم فشار و رقیق، اتم های منفرد آنها از برهمکنش های قوی موجود در جسم جامد آزادند و به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می کنند که شامل طول موج های معینی است.
- ☺ آزمایش نشان می دهد که طیف گسیلی خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده از بخار ملتهب گاز، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد.
- ☺ خط های تاریکی که در طیف جذبی خورشید دیده می شود را خطوط فرانوفر می نامند. این خط ها ناشی از جذب طول موج های مربوط به این خط ها توسط گاز های موجود در جو خورشید و جو زمین است.

❖ دو ویژگی مهم طیف های گسیلی و جذبی یک گاز:

- ① هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتمهای گاز هر عنصر، طول موج های معینی وجود دارد که از مشخصه های آن عنصر است. یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ



دو گازی همانند یکدیگر نیست (طیف های یک گاز مانند اثر انگشت برای آن گاز هستند).

1: به کمک طیف گسیلی پیوسته یک جسم نمی توان به جنس آن پی برد ولی به کمک طیف گسیلی خطی می توان جنس آن را تعیین کرد چون طیف خطی منحصر به فرد است.

2: طیف های گسیلی و جذبی یک گاز بر هم منطبق اند؛ یعنی اتم های هر گاز دقیقاً همان طول موج هایی را از نور سفید جذب می کنند که اگر دمای آنها به اندازه کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آنها را تابش میکنند.

❖ رابطه ریذبرگ برای محاسبه طول موج های گسیلی طیف هیدروژن: (*تذکره: در رابطه زیر λ باید بر حسب nm باشد)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad , \quad \text{رشته اولیه} \rightarrow n' < n \leftarrow \text{رشته نهایی} \quad \left(R = 0.011(nm)^{-1} = 0.011(nm)^{-1} \right)$$

❖ رشته خط های طیف گسیلی هیدروژن اتمی و نکات مربوط به آنها:

نام رشته	مقدار n'	رابطه ریذبرگ مربوط	مقدارهای n	گستره طول موج
لیمان	1	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 2, 3, 4, \dots$	فرابنفش
بالمر	2	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 3, 4, 5, \dots$	فرابنفش و مرئی
پاشن	3	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 4, 5, 6, \dots$	فروسرخ
براکت	4	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 5, 6, 7, \dots$	فروسرخ
پاندر	5	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 6, 7, 8, \dots$	فروسرخ

1 خط m ام یک رشته:

$$n = n' + m$$

2 همه طول موج های مربوط به رشته های پاشن، براکت و پفوند در ناحیه فرسرخ و همه طول موج های مربوط به رشته لیمان در ناحیه فرابنفش قرار دارند.

3 در کل طیف هیدروژن، تنها چهار خط اول (از $n = 3$ تا $n = 6$)

رشته بالمر ($n' = 2$) در ناحیه مرئی قرار دارند و طول موج بقره

خط ها در ناحیه فرابنفش قرار می گیرند

4 بلندترین طول موج یک رشته \leftarrow کمترین انرژی فوتون گسیلی \leftarrow خط اول رشته ($n = n' + 1$)

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n'+1)^2} \right)$$

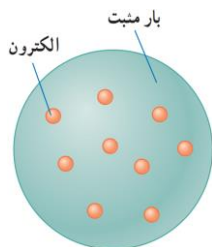
5 کوتاه ترین طول موج یک رشته \leftarrow پر انرژی ترین فوتون گسیلی $\leftarrow n = \infty$

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{R}{n'^2}$$

❖ اگر یک الکترون روی تراز n باشد و به حالت پایه برود، تعداد کل فوتون های با انرژی متفاوت که می تواند گسیل کند برابر است با:

$$\text{تعداد کل فوتون ها} = \binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}$$

❖ اگر یک الکترون روی تراز n باشد و به حالت پایه برود، در صورتی که فقط گذار های $\Delta n = 1$ مجاز باشد، در این صورت $(n-1)$ فوتون با انرژی متفاوت می تواند گسیل کند.



تامسون موفق به کشف الکترون و اندازه گیری نسبت بار به جرم الکترون (e/m) شد.

در مدل تامسون، بار الکتریکی مثبت به طور همگن در کره ای توزیع شده است و الکترونها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند مانند کشمشهای کیک در نقاط مختلف آن پراکنده شده اند.

نارسایی مدل تامسون: یکی از ناکامی های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش شده از اتم، که این مدل پیش بینی می کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.

❖ مدل اتمی تامسون (مدل کیک کشمش)

رادرفورد با استفاده از آزمایش بمباران ورقه نازک طلا با استفاده از ذرات با بار مثبت آلفا و مشاهده بازگشت به عقب برخی از

ذره های آلفا هسته اتم را کشف کردند و نتیجه گرفت اتم دارای یک هسته بسیار چگال و کوچک ($10^{-15}m$) است (شعاع) و با بار

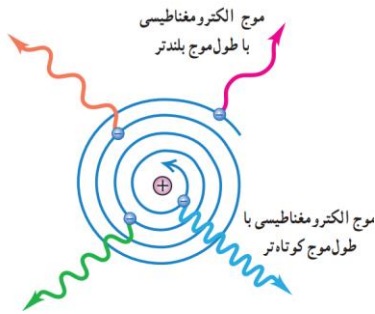
❖ مدل اتمی رادرفورد

مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله هایی به نسبت دور احاطه شده است.

(مدل اتم هسته ای)

نارسایی های مدل اتمی رادرفورد: 1 عدم توجیه پایداری اتم

2 عدم توجیه گسسته بودن طیف گسیلی اتم



😊: حرکت مداری الکترون به دور هسته، شتابدار است. بنا بر فیزیک کلاسیک، این حرکت شتابدار الکترون سبب تابش امواج الکترومغناطیسی می شود که بسامد آن، با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است. با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می شود. این کاهش انرژی باعث می شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به تدریج کوچکتر و بسامد حرکت آن به تدریج بیشتر شود. این افزایش تدریجی بسامد حرکت مداری الکترونها، سبب می شود تا بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل شده نیز به تدریج زیاد شود. به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل شده از اتم، پیوسته باشد و الکترون پس از گسیل پی در پی امواج الکترومغناطیسی روی هسته فرو افتد.

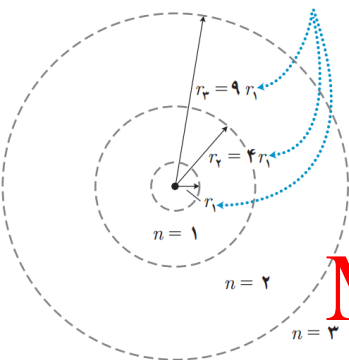
❖ اصول و مفروضات مدل اتمی بور:

شعاع مدارها با n^2 متناسب است.

1 مدارها و انرژی های الکترونها در هر اتم کوانتیده اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی های گسسته معینی مجاز هستند.

(n: عدد کوانتومی ← شماره مدار) $r_n = n^2 r_1 \rightarrow r_n = n^2 a_0$ شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن

😊: a_0 : شعاع بور ← شعاع کوچکترین مدار در اتم هیدروژن (n=1: حالت پایه)



Mgosoft PDF Encrypt

(انرژی ریدبرگ) $E_n = -\frac{E_R}{n^2} = -\frac{13.6 eV}{n^2}$: ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن

😊: الکترون در حالت پایه (n=1) کمترین انرژی را دارد. با افزایش شماره مدار (n) انرژی الکترون روی آن مدار افزایش می یابد. مدارهای با انرژی بالاتر را حالت های برانگیخته می نامند:

😊: در بالاترین تراز (n=∞) انرژی الکترون بیشترین مقدار است (E=0). در این حالت الکترون از قید هسته رها شده است.

😊: توصیه می شود برای سهولت در حل مسائل، انرژی مدارهای اتم هیدروژن را حفظ باشید:

$$E_1 = -13.6 eV \quad \text{و} \quad E_2 = -3.4 eV \quad \text{و} \quad E_3 = -1.51 eV \quad \text{و} \quad E_4 = -0.85 eV \quad \text{و} \quad E_\infty = 0 eV$$

🌟 تذکر: با افزایش n انرژی های حالت های برانگیخته به هم نزدیک و نزدیکتر می شوند.

2 وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی شود. از این رو گفته می شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

3 الکترون می تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. در این صورت یا فوتون جذب می کند و یا فوتون گسیل می کند که در هر دو صورت انرژی فوتون برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است؛ یعنی:

$$E_U - E_L = hf \quad \text{یا} \quad E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda} \quad (E_U: \text{انرژی مدار بالاتر}, E_L: \text{انرژی مدار پایین تر})$$



❖ انرژی یونش الکترون: کمترین انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از اتم است. برای این منظور باید الکترونی که در مدار n قرار دارد به بالاترین حالت برانگیخته ممکن ($n = \infty$) برود. بنابراین انرژی صرف شده برای این منظور برابر می شود با:

$$\text{انرژی یونش} = E_{\infty} - E_n = 0 - E_n = + \frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

❖ مزیت های مدل اتمی بور:

- 1 تبیین پایداری اتم
- 2 توجیه گسسته بودن طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی

$$\text{ثابت ریذبرگ} : R = \frac{E_R}{hc}$$

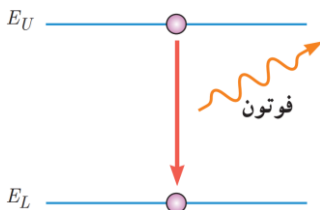
3 استخراج معادله ریذبرگ برای اتم هیدروژن از مدل بور

4 محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن و سایر اتم های هیدروژن گونه

😊: اتم هیدروژن گونه به اتم هایی گفته می شود که تنها یک الکترون دارند. مدل بور می تواند انرژی یونش و همچنین طول موج های طیف خطی اتم های هیدروژن گونه مانند باریوم سه بار یونیده (Ba^{3+}) را پیش بینی کند که با تجربه سازگاری خوبی دارد.

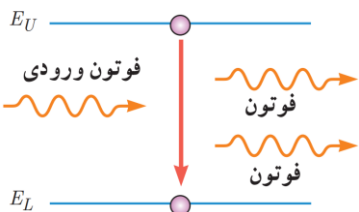
❖ نارسایی های مدل اتمی بور:

- 1 این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی رود، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می کند، به حساب نیاورد. این مدل نمی تواند تفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی را توضیح دهد زیرا نمی توانست تعداد فوتون های گسیل شده را پیش بینی کند. برای مثال مدل بور نمی تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.



❖ گسیل خودبه خود: در گسیل خودبه خود، فوتون گسیل شده در جهتی کاتوره ای گسیل می شود.

$$\text{فوتون} + \text{اتم} \rightarrow \text{اتم}^*$$



❖ گسیل القایی: در این گسیل یک فوتون ورودی، الکترون برانگیخته را تحریک (یا القا) می کند تا تراز

انرژی خود را تغییر دهد و به تراز پایین تر برود. برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با

$$\text{اختلاف انرژیهای دو تراز یعنی } E_U - E_L \text{ یکسان باشد. } 2 \text{ فوتون} + \text{اتم} \rightarrow \text{فوتون} + \text{اتم}^*$$

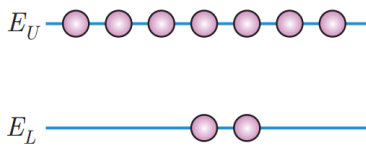
❖ تذکره: اگر الکترونی فوتونی را جذب کرد لزوماً به تراز انرژی بالاتر نمی رود. باید دقت کرد که اگر انرژی فوتون جذب

شده برابر اختلاف انرژی تراز فعلی الکترون و تراز پایینی آن باشد، گسیل القایی رخ می دهد و الکترون با جذب این فوتون به تراز پایینی منتقل می شود.

😊: گسیل القایی اساس کار لیزر است.

😊: ویژگی های گسیل القایی (باریکه لیزری):

- 1 اول اینکه یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می شود. به این ترتیب، این فرایند تعداد فوتون ها را افزایش می دهد و نور را تقویت می کند.
- 2 فوتون گسیل شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می کند.
- 3 فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است. به این ترتیب فوتون هایی که باریکه لیزری را ایجاد می کنند هم بسامد،



❖ وارونی جمعیت الکترون‌ها: مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهای با انرژی بالاتر موسوم به **ترازهای شبه پایدار** نسبت به ترازهای انرژی پایین‌تر بسیار بیشتر باشد. در این ترازها، الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری (10^{-3} s) نسبت به حالت برانگیخته معمولی (10^{-8} s) باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌کند.

☺: به طور معمول و در دمای اتاق، بیشتر الکترون‌ها در تراز انرژی پایین‌تر (حالت پایه) قرار دارند.

☺: برای رخ دادن وارونی جمعیت در گسیل القایی یک چشمه انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روشهای متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود.

❖ ساختار هسته: هسته اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به طور کلی **نوکلئون** نامیده می‌شوند.

☺: شعاع اتم در حدود 10^8 برابر شعاع هسته است. (قطر اتم در حدود $1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ و قطر هسته در حدود 10^{-15} m یا یک فمتومتر است)

❖ نوترون: ذره‌ای بدون بار الکتریکی (خنثی) است که جرم آن اندکی از جرم پروتون بیشتر است.

☺: چون نوترون بار الکتریکی ندارد، بنابراین در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منحرف نمی‌شود.

☺: نوترون توسط جیمز چادویک کشف شد.

❖ پروتون: بار آن قرینه بار الکترون و برابر $+e$ است و جرم آن مانند نوترون بسیار بیشتر از جرم الکترون است.

Mgsoft PDF Encrypt

❖ نماد شیمیایی یک عنصر

$$\left. \begin{array}{l} \leftarrow A \text{ X} \text{ (تعداد نوکلئون‌ها)} \\ \leftarrow Z \text{ N} \text{ (تعداد پروتون‌ها)} \end{array} \right\} \Rightarrow A = Z + N$$

☺: معمولاً در نماد شیمیایی هسته N را نمی‌نویسند.

☺: بار کل هسته برابر $+Ze$ است. همچنین اتم در حالت عادی خنثی است زیرا بار مثبت هسته با بار منفی الکترون‌ها کاملاً خنثی می‌شود.

☺: ویژگی‌های هسته را تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن (عدد جرمی A یا تعداد نوکلئون‌ها) تعیین می‌کند. خواص شیمیایی هر اتم را

تعداد پروتون‌های هسته (عدد اتمی Z) تعیین می‌کند.

❖ ایزوتوپ (هم‌مکان): هسته‌هایی که **تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت** دارند و در جدول تناوبی عناصر هم‌مکان هستند.

☺: ایزوتوپ‌های یک عنصر خواص شیمیایی یکسان و خواص هسته‌ای متفاوت دارند و به همین دلیل برای جداسازی آن‌ها از یکدیگر نمی‌توان

از روش‌های شیمیایی استفاده کرد.

☺: جرم‌های اتمی درج شده در جدول تناوبی عناصر، میانگین جرم‌های اتمی ایزوتوپ‌های مختلف هر عنصر است که با توجه به درصد فراوانی

آن‌ها حساب شده‌اند.

❖ پایداری هسته: در اثر وجود نیروی ربایشی بسیار قوی بین نوکلئون‌های آن است که به **نیروی هسته‌ای** معروف است و این نیرو است که بر

نیروی رانشی الکترواستاتیکی خیلی قوی بین پروتون‌های درون هسته غلبه می‌کند. علاوه بر این دو نیرو، نیروی جاذبه گرانشی نیز بین

نوکلئون‌ها وجود دارد که بسیار ضعیف است.

❖ ویژگی‌های نیروی هسته‌ای:

1) نیروی هسته‌ای **کوتاه‌برد** است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند.

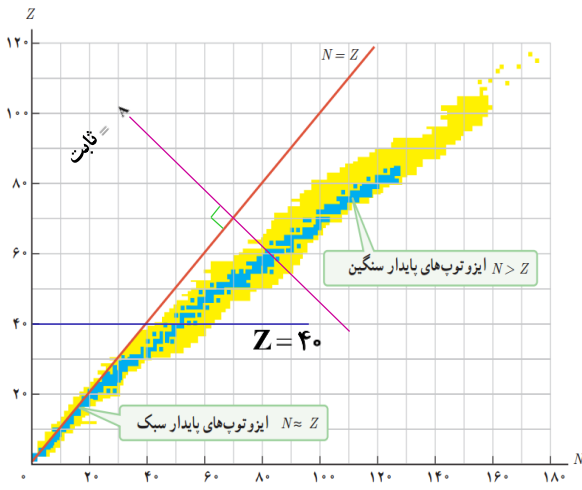
2 نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی است، یعنی نیروی ربایشی هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون، یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد.

☺ وقتی تعداد پروتون‌های درون هسته (عدد اتمی) افزایش می‌یابد، اگر هسته بخواهد پایدار بماند باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد.

❖ نکات نمودار تغییرات Z بر حسب N برای هسته‌های پایدار و پرتوزا:

1 در ایزوتوپ‌های سبک پایدار (تا $Z = 20$)، تعداد نوترون‌ها تقریباً برابر تعداد پروتون‌ها است ($Z \approx N$) ولی در ایزوتوپ‌های سنگین پایدار، تعداد نوترون‌ها بیشتر از تعداد پروتون‌ها است ($N > Z$). با افزایش عدد اتمی، نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون (N/Z) برای هسته‌های پایدار مختلف، ابتدا ثابت است و سپس افزایش می‌یابد.

2 با رسم یک خط افقی عمود بر محور Z در این نمودار می‌توان ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر را که روی این خط قرار می‌گیرند تشخیص داد.



3 خط‌های عمود بر خط $Z = N$ نشان دهنده هسته‌هایی است که عدد جرمی برابری دارند.

4 هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون ($Z = 83$)، متعلق به بیسموت (${}_{83}^{209}\text{Bi}$) است. به جز توریم ($Z = 90$) و اورانیم ($Z = 92$) سایر هسته‌های ناپایدار در طبیعت یافت نمی‌شوند.

❖ انرژی بستگی هسته: انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های

یک هسته از یکدیگر است. ☺ جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش اندکی کمتر است. اگر این اختلاف جرم را که به آن

کاستی جرم هسته گفته می‌شود، مطابق رابطه معروف اینشتین ($E = mc^2$)، در مربع تندی نور (c^2) ضرب کنیم، انرژی بستگی هسته‌ای به دست می‌آید که مقدار قابل ملاحظه‌ای است.

☺ کاستی جرم ناشی از اختلاف جرم هسته و نوکلئون‌هاست.

❖ ترازهای انرژی هسته: انرژی نوکلئون‌های وابسته به هسته نیز مانند انرژی الکترون‌های وابسته به اتم، کوانتیده‌اند و نوکلئون‌های درون هسته نمی‌توانند هر انرژی دلخواهی را اختیار کنند.

☺ اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبه keV تا مرتبه MeV است، در حالی که اختلاف بین ترازهای انرژی الکترون‌ها در اتم از مرتبه eV است. از این رو، هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند.

☺ نوکلئون‌ها نیز می‌توانند با جذب انرژی به ترازهای انرژی بالاتر بروند و در نتیجه هسته برانگیخته شود. هسته برانگیخته (با علامت *

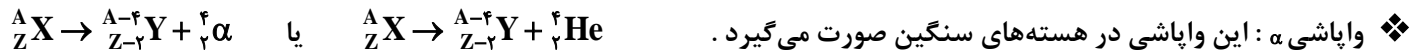
مشخص می‌شود) با گسیل فوتون به تراز پایه برمی‌گردد. انرژی فوتون گسیل شده، با اختلاف انرژی بین تراز برانگیخته و تراز پایه برابر است.

❖ پرتوزایی طبیعی: در این فرایند، یک هسته ناپایدار (پرتوزا) به طور طبیعی (خودبه‌خود) واپاشی می‌کند و به هسته‌های سبک‌تر و پایدار

تبدیل می‌شود و نوع معینی از ذرات یا فوتون‌های پرتوزایی آزاد می‌شوند. در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می‌شود: پرتوهای آلفا (α)، پرتوهای بتا (β) و پرتوهای گاما (γ).

☺ در تمام فرایندهای واپاشی اصول پایستگی زیر برقرار است:

- ۱- مجموع بار الکتریکی در دو طرف رابطه ها یکسان است.
- ۲- تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای پایسته است؛ یعنی مجموع عددهای جرمی در دو طرف رابطه یکسان است.

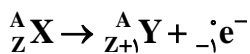


☺: در این واپاشی هم عدد جرمی و هم عدد اتمی هسته مادر تغییر می‌کند.

❖ ویژگی‌های پرتو آلفا (α)

- 1 پرتوهای α ذرات باردار مثبت از جنس هسته اتم هلیوم (${}^4_2\text{He}$) هستند.
- 2 پرتوهای α در مقایسه با پرتوهای β و γ ، کمترین قدرت نفوذ را دارند.
- 3 ذره‌های آلفا سنگین‌اند و بُرد کوتاهی دارند. این ذرات پس از طی مسافت کوتاه در هوا (۱ تا ۲ سانتی‌متر) و با عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند.
- 4 اگر این ذره‌ها از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب شدید به بافت‌های بدن می‌شوند.
- 5 یکی از کاربردهای گسترده این واپاشی در آشکار سازهای دود است.

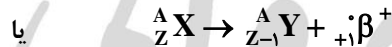
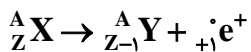
واپاشی β^- : همراه با گسیل الکترون (e^-) ← یک نوترون به یک پروتون و یک الکترون تبدیل می‌شود.



Mgsoft PDF Encrypt

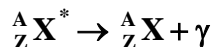
❖ واپاشی β^-

واپاشی β^+ : همراه با گسیل پوزیترون (e^+) ← یک پروتون به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود.



❖ نکات واپاشی β :

- 1 این واپاشی نخستین واپاشی کشف شده توسط هانری بکرل بود و نیز متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌ها است.
 - 2 در واپاشی β فقط عدد اتمی ۱ واحد افزایش یا کاهش می‌یابد و عدد جرمی تغییر نمی‌کند.
 - 3 پرتوی β از ذرات با جرم بسیار اندک تشکیل شده است.
 - 4 قدرت نفوذ (بُرد) پرتوی بتا از پرتوی آلفا بیشتر ولی از پرتوی گاما کمتر است.
- ❖ پوزیترون (e^+ یا β^+): ذره‌ای که جرم یکسان با الکترون دارد، ولی بار آن قرینه بار الکترون است (به جای بار $-e$ حامل بار $+e$ است).
- ❖ واپاشی γ : اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل فوتون‌های پر انرژی (پرتو گاما) به حالت پایه می‌رسند.



☺: در واپاشی γ ، عدد جرمی و عدد اتمی تغییر نمی‌کنند.

❖ ویژگی‌های پرتوی γ :

- 1 این پرتو فاقد بار الکتریکی است و به همین دلیل برخلاف پرتوهای α و β در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منحرف نمی‌شود.
- 2 قدرت نفوذ این پرتو بسیار بیشتر از پرتوهای α و β است.

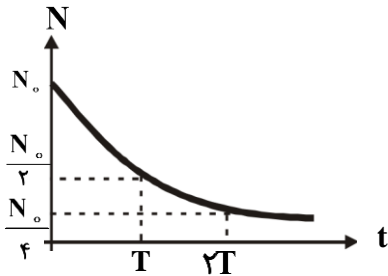
❖ نیمه عمر ماده پرتوزا ($T_{\frac{1}{2}}$ یا T): مدت زمانی است که طول می کشد تا تعداد هسته های مادر موجود در یک نمونه پرتوزا، به نصف برسد.

😊: نیمه عمر یک ماده پرتوزا در طول زمان ثابت می ماند.

😊: نیمه عمر ایزوتوپ های مختلف یک عنصر متفاوت است.

❖ مسائل نیمه عمر: اگر تعداد هسته های مادر اولیه در یک نمونه پرتوزا N_0 باشد، پس از گذشت زمان t ، تعداد هسته های پرتوزای باقی مانده

از رابطه زیر به دست می آید:



$$N_0 \xrightarrow{T} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{T} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{T} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{T} \dots$$

$$\Rightarrow N = \frac{N_0}{2^n} \quad \text{و} \quad n = \frac{t}{T}$$

$$N' = N_0 \left(1 - \frac{1}{2^n} \right)$$

❖ تعداد هسته های واپاشیده (N'):

Mgosoft PDF Encrypt

ابروآنی