



کمپین حمایت از نهایی های امسال

جزوه خلاصه نکات طلایی



www.alefac.ir

[@arsalanfirouznia](https://www.instagram.com/arsalanfirouznia)

[academyfirooznia](https://www.telegram.me/academyfirooznia)





دوازدهم

$x = A \cos \omega t$	معادله مکان - زمان حرکت نوسانی	
$x_{\max} = A$	مکان	پیشینه
$v_{\max} = A\omega$	سرعت	
$a_{\max} = A\omega^2$	شتاب	
$F_{\max} = kA$	نیرو	
$k = m\omega^2$	جرم و فنر	حرکت هماهنگ ساده
$g = l\omega^2$	آونگ ساده	
$E = K_{\max} = U_{\max} = \frac{1}{2}kA^2$	انرژی مکانیکی در فنر	
$\frac{K}{U} = \tan^2 \omega t$	نسبت K بر U	
$\lambda = VT = \frac{v}{f}$	طول موج	امواج مکانیکی
$F = \mu v^2$	تندی انتشار موج در طناب	
$\mu = \frac{m}{l} = \rho A$	چگالی خطی طناب	
$I = \frac{E}{tA} = \frac{P}{A}$	شدت صوت	صوت
$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$	تراز شدت صوت	
$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$	تغییر تراز شدت صوت	
$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$	رابطه اسنل	شکست امواج
$n = \frac{c}{v}$	ضریب شکست محیط	
$\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}$	مقایسه سرعت دو محیط	

فصل ۳ دوازدهم

$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	سرعت متوسط	فصل ۱ دوازدهم
$S_{av} = \frac{L}{\Delta t}$	تندی متوسط	
$V_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{t_1 + t_2 + t_3}$	سرعت متوسط در حرکت چند مرحله‌ای	
$V_{av} = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2 + V_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}$		
$V_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{\frac{\Delta x_1}{V_1} + \frac{\Delta x_2}{V_2} + \frac{\Delta x_3}{V_3}}$		
$x = Vt + x_0$	معادله مکان - زمان حرکت یکنواخت	

$\Sigma F = ma$	قانون دوم نیوتون		فصل ۲ دوازدهم
$F = kx$	نیروی فنر		
$f_s = \mu_s F_N$	ایستایی	نیروی اصطکاک	
$f_k = \mu_k F_N$	جنبشی		
$F_R = \sqrt{F_N^2 + f_k^2}$	نیروی واکنش سطح		
$F = m(g \pm a)$	وزن ظاهری در آسانسور		

$E = nhf = n \frac{hc}{\lambda}$	انرژی فوتون‌ها	فصل ۴ دوازدهم
$hf = hf_0 + K_{\max}$	پدیده فتوالکتریک	
$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$	طول موج فوتون کسبلی	
$r_n = n^2 a_0$	شعاع مدار nام	
$E_n = -\frac{E_1}{n^2}$	انرژی مدار nام	
$E = mc^2$	انرژی هسته‌ای	
$N = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T}} N_0$	تعداد هسته‌های فعال (باقی مانده)	



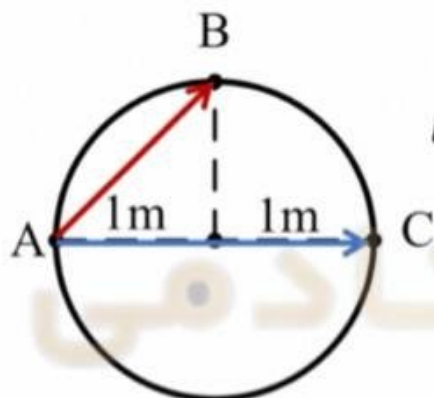


مسافت: طول مسیری که متحرک از مکان ۱ تا مکان ۲ طی می کند.

بردار جابه جایی: پاره خط جهت داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می کند.



مسافت از A تا B:



$$l = \text{طول کمان } AB = \frac{\text{محیط دایره}}{4} = \frac{2\pi r}{4} = \frac{2 \times 3 \times 1}{4} = 1.5m$$

اندازه جابه جایی از A تا B:

$$d = \text{طول پاره خط } AB = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} m$$

$$l = \text{طول کمان } ABC = \frac{\text{محیط دایره}}{2} = \frac{2\pi r}{2} = \frac{2 \times 3 \times 1}{2} = 3m \quad \text{مسافت از A تا C}$$

اندازه جابه جایی از A تا C: $d = \text{طول پاره خط } AC = 2m$

مسافت - جابه جایی



مسافت از ۱ تا ۲ = جابه جایی از ۱ تا ۲



مسافت از ۱ تا ۳ ≠ جابه جایی از ۱ تا ۳

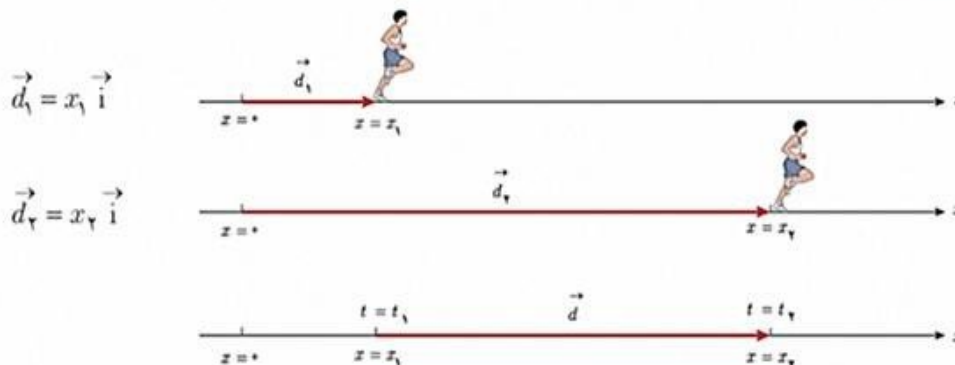
اگر جسم تغییر جهت ندهد، مسافت طی شده با جابه جایی برابر است.





حرکت بر خط راست

بردار مکان: برداری که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می کند.



$$\vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = x_2 \vec{i} - x_1 \vec{i} = (\Delta x) \vec{i}$$

$$\vec{d} = \Delta x = \text{جابجایی}$$

سرعت متوسط: نسبت جابجایی به زمان

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \left(\frac{m}{s} \right)$$

سرعت متوسط

جابجایی

مدت زمان

تندی متوسط: نسبت مسافت به زمان

$$S_{av} = \frac{l}{\Delta t} \left(\frac{m}{s} \right)$$

تندی متوسط

مسافت

مدت زمان

اگر جسم تغییر جهت ندهد، تندی متوسط با سرعت متوسط برابر است.

نکته:

✓ اگر حرکت در جهت مثبت محور x باشد، Δx مثبت و در نتیجه سرعت مثبت خواهد بود.

✓ اگر حرکت در خلاف جهت محور x باشد، Δx منفی و در نتیجه سرعت منفی خواهد بود.

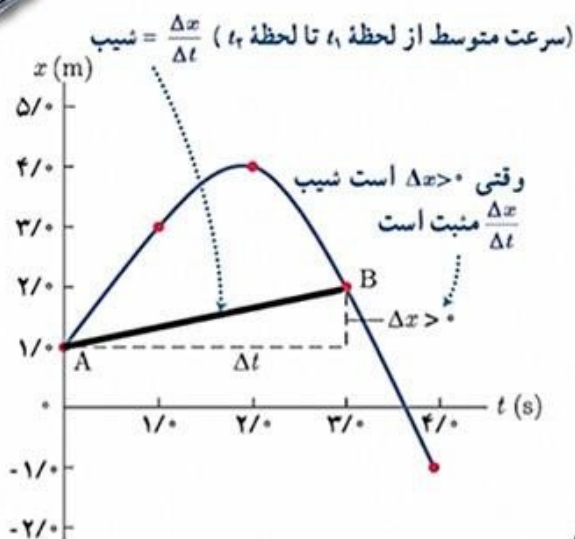
نتیجه:

جهت سرعت = جهت حرکت



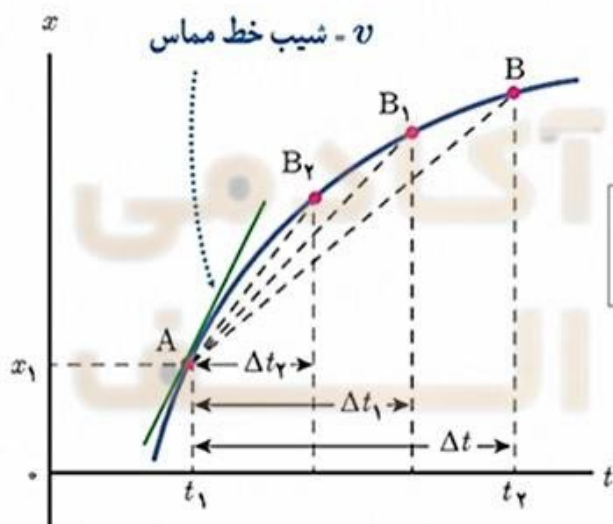


تعیین سرعت متوسط بوسیله نمودار:



شیب خطی که دو نقطه را روی نمودار مکان-زمان به هم وصل می کند، سرعت متوسط بین آن دو نقطه است.

سرعت لحظه ای: سرعت متحرک در هر لحظه از زمان



شتاب متوسط: نسبت تغییر سرعت به زمان

$$a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \begin{matrix} \nearrow \text{تغییر سرعت} \\ \searrow \text{مدت زمان} \end{matrix}$$

شتاب متوسط $a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \left(\frac{m}{s^2} \right)$

✓ بردار شتاب، هم جهت با بردار تغییر سرعت (ΔV) است.





شتاب متوسط: نسبت تغییر سرعت به زمان

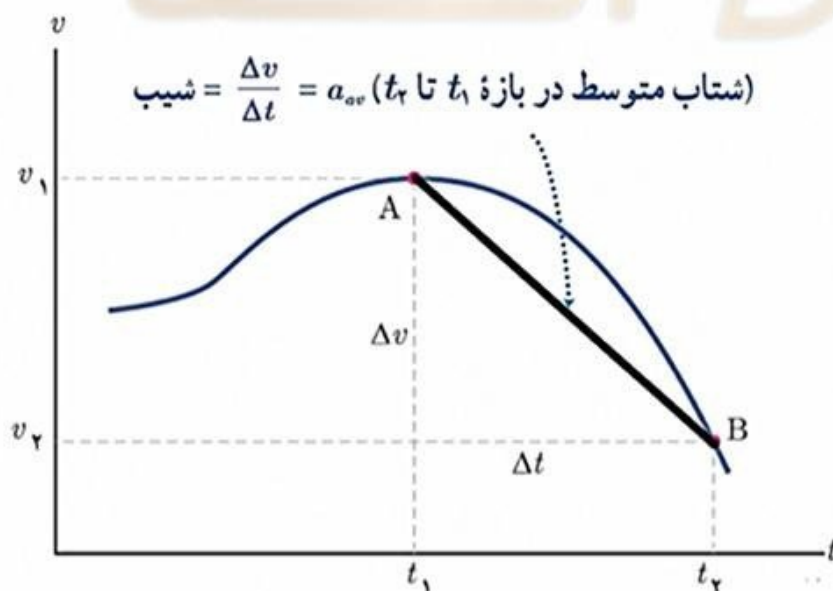
$$a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

تغییر سرعت
مدت زمان

✓ بردار شتاب، هم جهت با بردار تغییر سرعت (ΔV) است.

تعیین شتاب متوسط به کمک نمودار:

شیب خطی که دو نقطه را روی نمودار سرعت-زمان به هم وصل می کند، شتاب متوسط بین آن دو نقطه است.



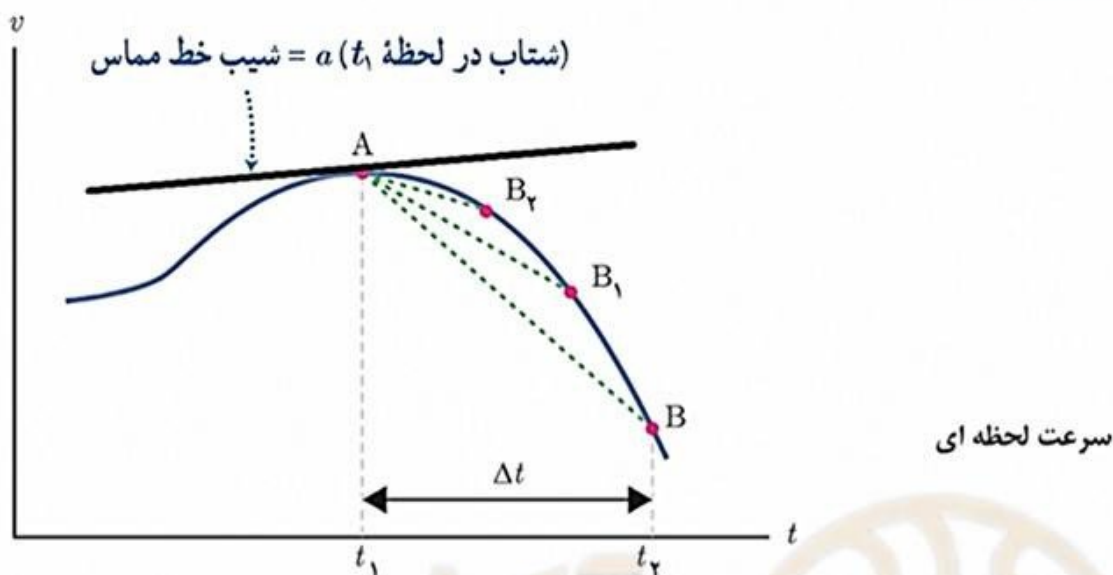
سرعت متوسط





شتاب لحظه ای:

شیب خط مماس بر نمودار سرعت-زمان در هر لحظه.



حرکت تند شونده: وقتی اندازه سرعت افزایش می یابد.

✓ سرعت و شتاب هم علامت هستند.

حرکت کند شونده: وقتی اندازه سرعت کاهش می یابد.

✓ سرعت و شتاب علامت مخالف دارند.

حرکت با سرعت ثابت (یکنواخت)

حرکت روی خط راست

حرکت با شتاب ثابت





اندازه و جهت سرعت ثابت است.

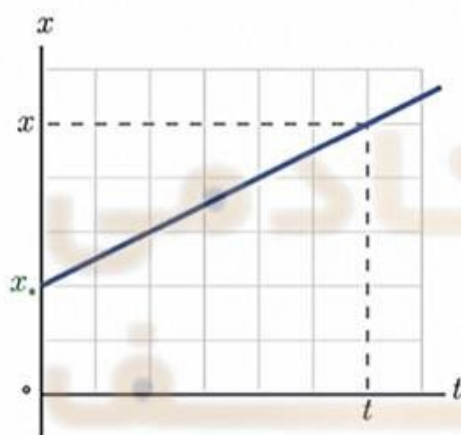
سرعت لحظه ای و سرعت متوسط با هم برابرند.

معادله ی حرکت (مکان-زمان) درجه یک است.

نمودار مکان-زمان یک خط راست است.

ویژگی های حرکت با سرعت ثابت (یکنواخت)

حرکت با سرعت ثابت (یکنواخت)



$$V = V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$x = Vt + x_0 \quad \text{معادله حرکت (مکان-زمان):}$$

اندازه و جهت شتاب ثابت است.

شتاب لحظه ای و شتاب متوسط با هم برابرند.

معادله ی حرکت (مکان-زمان) درجه دو است.

نمودار مکان-زمان به شکل سهمی است.

معادله ی سرعت درجه یک است.

نمودار سرعت-زمان به شکل خط راست است.

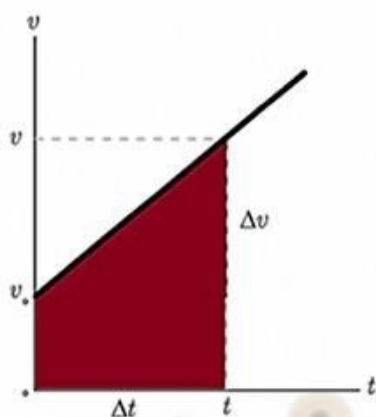
ویژگی های حرکت با شتاب ثابت





حرکت با شتاب ثابت

$$a = a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{v - v_0}{t} \longrightarrow v = at + v_0 \quad \text{معادله سرعت:}$$



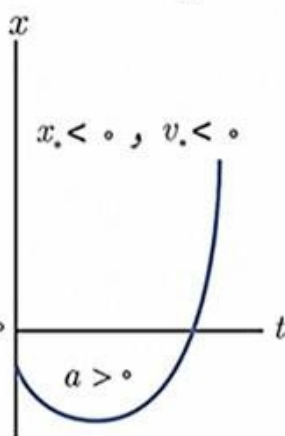
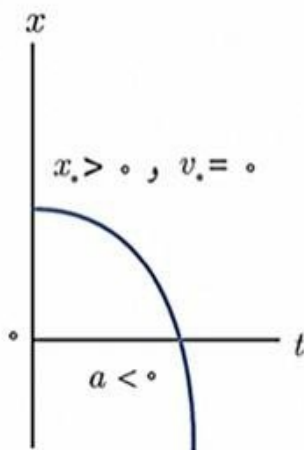
سطح زیر نمودار سرعت-زمان برابر با جابجایی است.

شیب نمودار سرعت-زمان برابر شتاب است.

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v + v_0}{2} \quad \text{معادله سرعت متوسط:}$$

حرکت با شتاب ثابت

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \quad \text{معادله حرکت (مکان-زمان):}$$



در نمودار مکان-زمان

تقعر روبه بالا: شتاب مثبت

تقعر رو به پایین: شتاب منفی





فرمول های مهم حرکت با شتاب ثابت

$$a = a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad \text{یا} \quad V = at + V_0 \quad \text{فرمول مستقل از } x$$

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t \quad \text{فرمول مستقل از } V$$

$$\Delta x = \frac{V + V_0}{2}t \quad \text{فرمول مستقل از } a$$

$$V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x \quad \text{فرمول مستقل از } t$$

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{V + V_0}{2} \quad \text{فرمول سرعت متوسط}$$





علت انواع حرکت ← نیرو

نیرو

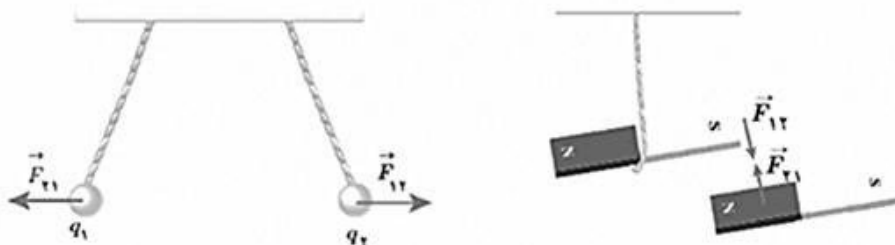
حاصل برهم کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر
کمیتی برداری است. علاوه بر اندازه، دارای جهت است.
نیرو را به کمک نیروسنج اندازه می گیرند. علامت آن $\vec{F}$ و یکای آن نیوتون است.
می تواند باعث تغییر سرعت یا تغییر شکل جسم شود.

قانون اول نیوتون: یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می کند مگر اینکه نیروی خالصی به آن وارد شود.

به عبارت دیگر: وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند، اگر جسم ساکن باشد، ساکن می ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی کند و ثابت می ماند.

لختی: تمایل اجسام برای حفظ وضعیت حرکت خود، وقتی نیروی خالص وارد بر آنها صفر است.

قانون سوم نیوتون: هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم اندازه و هم راستا ولی در خلاف جهت وارد می کند.



نکته:

نیروهای عمل و عکس العمل:

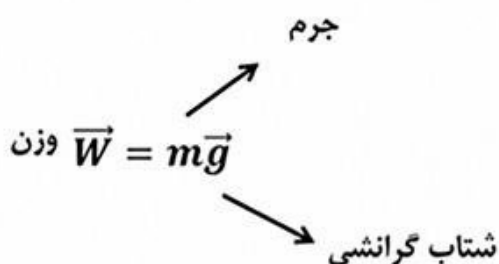
هم اندازه هستند. هم راستا هستند. در خلاف جهت هم هستند.
هم نوع هستند. به دو جسم وارد می شوند (یکدیگر را خنثی نمی کنند)





معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی وزن: نیروی گرانشی که از طرف زمین به جسم وارد می شود. جهت آن همواره به سمت مرکز زمین است.



✓ واکنش نیروی وزن، از طرف جسم به زمین وارد می شود.

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی مقاومت شاره: وقتی جسمی در یک شاره حرکت می کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می شود که نیروی مقاومت شاره می گویند.

✓ نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم و تندی آن بستگی دارد. هرچه تندی بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد بود.

✓ وقتی جسمی در هوا سقوط می کند، هرچه تندی جسم بیشتر شود، نیروی مقاومت هوا نیز بیشتر می شود تا اینکه این دو نیرو هم اندازه می شوند. پس از این، جسم با تندی ثابتی به نام تندی حدی، به طرف پایین حرکت می کند.

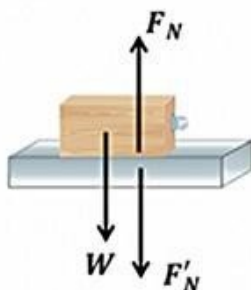
✓ تندی حدی برای یک چترباز، حدود ۵ و برای قطره باران حدود ۷ متر بر ثانیه است.





معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی عمودی سطح: نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می شود و همواره عمود بر سطح تماس است



✓ واکنش نیروی عمودی سطح، از طرف جسم به سطح وارد می شود.

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی اصطکاک: نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می شود و همواره موازی با سطح تماس و در خلاف جهت حرکت جسم است.



اصطکاک ایستایی $\longrightarrow F = f_s \longrightarrow$ تا زمانی که جسم ساکن است

اصطکاک ایستایی بیشینه $\longrightarrow F = f_{smax} \longrightarrow$ وقتی در آستانه حرکت قرار می گیرد

اصطکاک جنبشی $\longrightarrow F = f_k \longrightarrow$ وقتی شروع به حرکت می کند

چند نکته در مورد اصطکاک

✓ نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم و زبری و نرمی آنها بستگی دارد.

✓ اصطکاک عمدتاً به عنوان نیروی اتلافی شناخته می شود، با وجود این برای انجام خیلی از کارها

اصطکاک لازم است. مانند قدم زدن، دویدن، ترمز کردن، نگه داشتن قلم در دست و ...

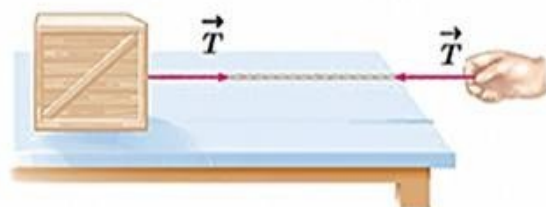
✓ بیشینه ی نیروی اصطکاک ایستایی، با اندازه ی نیروی عمودی سطح متناسب است. $f_{smax} \propto F_N$





معرفی برخی نیروهای خاص

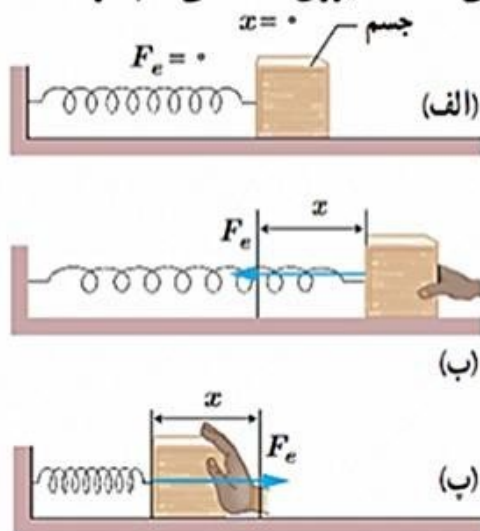
نیروی کشش طناب: وقتی طناب متصل به جسمی را می کشیم، طناب جسم را با نیرویی می کشد که جهت آن از جسم به سمت بیرون و در راستای طناب است. به این نیرو، کشش طناب گفته می شود.



✓ در این درس، از جرم و همچنین از کش آمدن طناب صرف نظر می شود. بنابراین طناب به عنوان رابط بین دو جسم عمل می کند و هر دو جسم را با بزرگی نیروی یکسان می کشد.

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی کشسانی فنر: اگر فنر را بکشیم یا فشرده کنیم، فنر نیرویی به طرف نقطه ی تعادل به جسم وارد می کند که نیروی کشسانی نام دارد.





قانون هوک: برای بیشتر فنرها، نیروی کشسانی فنر با اندازه ی تغییر طول آن رابطه ی مستقیم دارد.

$$F_e = kx$$

ثابت فنر $\nearrow$
تغییر طول فنر $\searrow$

نیروی کشسانی فنر

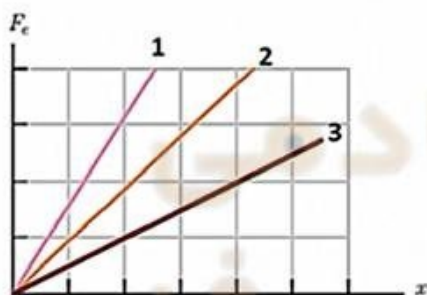
ثابت فنر از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و ساختار ماده ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.

نکته:

$$x = l_2 - l_1$$

✓ هرچه فنر سفت تر باشد، مقدار k بیشتر خواهد بود. حدود $100 \frac{N}{m}$ برای فنر انعطاف پذیر و

حدود $10000 \frac{N}{m}$ برای یک فنر سفت



✓ شیب نمودار نیرو بر حسب تغییر طول، با ثابت فنر متناسب است.

تکانه:

حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن، تکانه نامیده می شود.

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad \left(\frac{kg \cdot m}{s} \right)$$

جرم جسم $\nearrow$
سرعت جسم $\searrow$

تکانه $\vec{p}$

✓ تکانه یک کمیت برداری است.

✓ جهت تکانه، همان جهت سرعت (جهت حرکت) است.

قانون دوم نیوتون بر حسب تکانه: نیروی خالص وارد بر جسم برابر با تغییر تکانه ی جسم تقسیم بر زمان تغییر آن است.

$$\vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \longrightarrow \Delta \vec{p} = \vec{F}_{net} \Delta t$$





نکته:

رابطه ی بین تکانه و انرژی جنبشی به صورت زیر است:

$$k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{mv \times v}{2} = \frac{mv \times mv}{2m} \longrightarrow k = \frac{p^2}{2m}$$

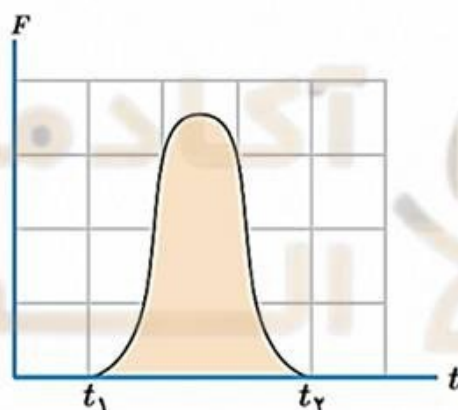
نکته:

$$\vec{F}_{av} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

اگر نیرو ثابت نباشد، بجای نیروی خالص، نیروی خالص متوسط به کار می بریم:

نکته:

سطح زیر نمودار نیرو - زمان، برابر با تغییر تکانه ی جسم (Δp) است.



نیروی گرانشی

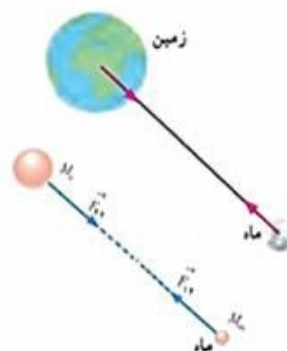
قانون گرانش عمومی: نیروی گرانشی میان دو ذره، با حاصل ضرب جرم آنها نسبت مستقیم و با مجذور فاصله ی آنها نسبت وارون دارد.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

نیروی گرانشی بین دو ذره

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$$

ثابت گرانش عمومی





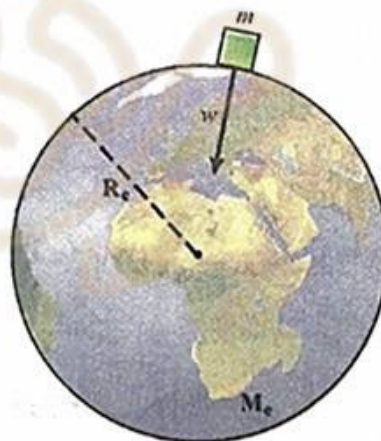
وزن و نیروی گرانشی

وزن روی سطح زمین $W = mg = G \frac{M_e m}{R_e^2}$

شتاب گرانشی روی سطح زمین $g = G \frac{M_e}{R_e^2}$

وزن در یک ارتفاع دلخواه $W' = mg' = G \frac{M_e m}{r^2}$

شتاب گرانشی در یک ارتفاع دلخواه $g' = G \frac{M_e}{r^2}$



نسبت شتاب گرانش زمین در فاصله ی دلخواه به شتاب گرانش روی سطح زمین $\frac{g'}{g} = \left(\frac{R_e}{r}\right)^2$





- ❖ **موج:** وقتی در یک محیط کشسان ارتعاش‌های پی در پی از محل ایجادشان دور می‌شوند به شکل پویومد آمده موج می‌گویند.
- ❖ **موج مکانیکی:** موج‌های مکانیکی - مانند موج‌های روی سطح آب و موج‌های صوتی - برای انتشار به یک محیط مادی نیاز دارند.
- ❖ **موج الکترومغناطیسی:** موج‌های الکترومغناطیسی - مانند نور مرئی برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند.
- ❖ **تب:** به تغییر شکل ایجاد شده در محیط کشسان تب می‌گویند.
- ❖ **موج عرضی:** موجی که راستای ارتعاش ذرات بر راستای انتشار آن عمود است (به موج عرضی موج سینوسی نیز می‌گویند).
- ❖ **موج طولی:** موجی که راستای ارتعاش و انتشار آنها بر هم منطبق است.
- ❖ **موج‌های پیش‌رونده:** به موج‌های عرضی و طولی موج‌های پیش‌رونده گفته می‌شود. زیرا، هر دوی این موج‌ها از نقطه‌ای به نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند.
- ❖ **تشت موج:** برای مطالعه برخی از مشخصه‌های موج از تشتت موج استفاده می‌شود. این وسیله شامل یک تشتت شیشه‌ای کم عمق و یک نوسان ساز است. یک راه مشاهده رفتار موج استفاده از سایه‌ای است که توسط لامپ از سطح آب بر ورقه کاغذی زیر تشتت تشکیل می‌شود.
- ❖ **تداخل موج:** به ترکیب چند موج با یکدیگر تداخل موج می‌گویند.
- ❖ **اصل برهم نهی موج:** وقتی چند موج هم زمان به یک نامیه می‌رسند، با یکدیگر تداخل می‌کنند، که جابجایی ذرات محیط برابر با مجموع جابجایی‌های ناشی از هر موج است.
- ❖ **دامنه (A):** بیشینه فاصله یک ذره از مکان تعادل، دامنه موج نامیده می‌شود.
- ❖ **دوره تناوب (T):** مدت زمانی است که هر ذره محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد که با دوره نوسان چشمه برابر است.
- ❖ **بسامد (f):** تعداد نوسان‌هایی است که هر ذره در یک ثانیه انجام می‌دهد که برابر با بسامد چشمه موج نیز هست. $f = \frac{1}{T}$
- ❖ **طول موج:** طول موج λ برابر با مسافتی است که موج در مدت یک دوره تناوب طی می‌کند. فاصله دو قله متوالی از هم و یا دو دره متوالی از هم را طول موج می‌گویند.
- ❖ در مدت زمان هر دوره موج به اندازه **یک طول موج** جلو می‌رود و ذرات آن به یک نوسان کامل را انجام داده و مسافت **4 برابر دامنه** را طی می‌کنند.
- ❖ موج‌ها را به دو دسته تقسیم بندی می‌کنند: **موج‌های مکانیکی** و **موج‌های الکترومغناطیسی**.
- ❖ یکی از ویژگی‌های موج پیش‌رونده **انتقال انرژی** از یک نقطه به نقطه دیگر، در جهت انتشار موج است.
- ❖ موج حرکت می‌کند ولی ذرات محیط جابجا نمی‌شوند فقط سر جای خود نوسان می‌کنند.
- ❖ برای مطالعه برخی از مشخصه‌های موج از **تشت موج** استفاده می‌شود.
- ❖ به هر یک از برآمدگی‌ها یا فرو رفتگی‌های ایجاد شده روی سطح آب، یک **جبهه موج** می‌گویند.
- ❖ به برآمدگی‌ها، **قله** (**سین**) و به فرو رفتگی‌ها **دره** (**باسین**) گفته می‌شود.
- ❖ فاصله بین دو برآمدگی یا دو فرو رفتگی مجاور، **طول موج** نامیده می‌شود و آن را با λ نشان می‌هند.
- ❖ تندی انتشار موج به **جنس و ویژگی‌های محیط** انتشار بستگی دارد.
- ❖ فرکانس و دوره موج به ویژگی‌های **چشمه** بستگی دارد.
- ❖ با ورود موج از یک محیط به محیط دیگر **فرکانس و دوره** ثابت و **سرعت تغییر** می‌کند.
- ❖ طول موج به **چشمه و محیط** بستگی دارد، و با تغییر هر کدام تغییر می‌کند.
- ❖ با انتشار موج، انرژی به صورت **انرژی جنبشی** و **پتانسیل** در ریسمان انتقال می‌یابد.





آزمایشی را توضیح دهید که نشان دهد آیا صوت در خلا منتشر می شود؟
وسایل آزمایش: تلفن همراه، محفظه تخلیه هوای شیشه ای، پمپ تخلیه هوا.

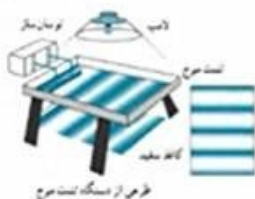
تلفن همراه روشنی را زیر محفظه تخلیه هوای شیشه ای قرار می دهیم. در این حالت با برقراری تماس، صدای زنگ خوردن آن شنیده می شود. با به کار افتادن پمپ تخلیه هوا، صدا به تدریج ضعیف و سرانجام قطع می شود؛ پس نتیجه می گیریم صوت نمی تواند در خلا منتشر شود.

مرکز آکادمی
الف



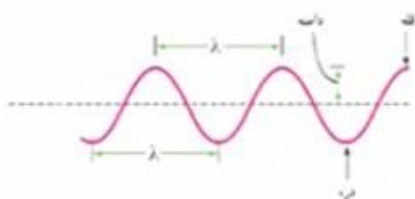


- ❖ **موج:** وقتی در یک محیط کشسان ارتعاش‌های پی در پی از محل ایجادشان دور می‌شوند به شکل به‌وجود آمده موج می‌گویند.
- ❖ **موج مکانیکی:** موج‌های مکانیکی - مانند موج‌های روی سطح آب و موج‌های صوتی - برای انتشار به یک محیط مادی نیاز دارند.
- ❖ **موج الکترومغناطیسی:** موج‌های الکترومغناطیسی - مانند نور مرئی برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند.
- ❖ **تپ:** به تغییر شکل ایجاد شده در محیط کشسان تپ می‌گویند.
- ❖ **موج عرضی:** موجی که راستای ارتعاش ذرات بر راستای انتشار آن عمود است (به موج عرضی موج سینوسی نیز می‌گویند).
- ❖ **موج طولی:** موجی که راستای ارتعاش و انتشار آنها بر هم منطبق است.
- ❖ **موج‌های پیش‌رونده:** به موج‌های عرضی و طولی موج‌های پیش‌رونده گفته می‌شود. زیرا، هر دوی این موج‌ها از نقطه‌ای به نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند.
- ❖ **تشت موج:** برای مطالعه برخی از مشخصه‌های موج از تشتت موج استفاده می‌شود. این وسیله شامل یک تشتت شیشه‌ای کم عمق و یک نوسان ساز است. یک راه مشاهده رفتار موج، استفاده از سایه‌ای است که توسط لامپ از سطح آب بر ورقه کاغذی زیر تشتت تشکیل می‌شود.
- ❖ **تداخل موج:** به ترکیب چند موج با یکدیگر تداخل موج می‌گویند.
- ❖ **اصل برهم نهی موج:** وقتی چند موج هم زمان به یک نامیه می‌رسند، با یکدیگر تداخل می‌کنند که جابجایی ذرات محیط برابر با مجموع جابجایی‌های ناشی از هر موج است.
- ❖ **دامنه (A):** بیشینه فاصله یک ذره از مکان تعادل، دامنه موج نامیده می‌شود.
- ❖ **دوره تناوب (T):** مدت زمانی است که هر ذره محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد که با دوره نوسان پهنه برابر است.
- ❖ **بسامد (f):** تعداد نوسان‌هایی است که هر ذره در یک ثانیه انجام می‌دهد که برابر با بسامد پهنه موج نیز هست. $f = \frac{1}{T}$
- ❖ **طول موج:** طول موج λ برابر با مسافتی است که موج در مدت یک دوره تناوب طی می‌کند. فاصله دو قله متوالی از هم و یا دو دره متوالی از هم را طول موج می‌گویند.
- ❖ در مدت زمان هر دوره موج به اندازه **یک طول موج** جلو می‌رود و ذرات آن به یک نوسان کامل را انجام داده و مسافت **4 برابر دامنه** را طی می‌کنند.
- ❖ موج‌ها را به دو دسته تقسیم بندی می‌کنند: **موج‌های مکانیکی** و **موج‌های الکترومغناطیسی**.
- ❖ یکی از ویژگی‌های موج پیش‌رونده **انتقال انرژی** از یک نقطه به نقطه دیگر، در جهت انتشار موج است.
- ❖ موج حرکت می‌کند ولی ذرات محیط جابجا نمی‌شوند فقط سر جای خود نوسان می‌کنند.
- ❖ برای مطالعه برخی از مشخصه‌های موج از **تشت موج** استفاده می‌شود.
- ❖ به هر یک از برآمدگی‌ها یا فرو رفتگی‌های ایجاد شده روی سطح آب، یک **جبهه موج** می‌گویند.
- ❖ به برآمدگی‌ها، **قله (سینگ)** و به فرو رفتگی‌ها **دره (باسینگ)** گفته می‌شود.
- ❖ فاصله بین دو برآمدگی یا دو فرو رفتگی مجاور، **طول موج** نامیده می‌شود و آن را با λ نشان می‌هند.
- ❖ تندی انتشار موج به **جنس و ویژگی‌های محیط** انتشار بستگی دارد.
- ❖ فرکانس و دوره موج به ویژگی‌های **جسمه** بستگی دارد.
- ❖ با ورود موج از یک محیط به محیط دیگر **فرکانس و دوره** ثابت و **سرعت تغییر** می‌کند.
- ❖ طول موج به **جسمه و محیط** بستگی دارد. و با تغییر هر کدام تغییر می‌کند.
- ❖ با انتشار موج، انرژی به صورت **انرژی جنبشی و پتانسیل** در ریسمان انتقال می‌یابد.





- ❖ متوسط موج انرژی منتقل می شود ولی ذرات محیط جابجا نمی شوند
- ❖ انرژی (توان متوسط) یک موج با **مربع دامنه** (A^2) و نیز **مربع بسامد** (f^2) موج متناسب است.
- ❖ تندی انتشار موج روی سطح آب های کم عمق، به **عمق آب** که یکی از ویژگی های محیط انتشار است بستگی دارد
- ❖ در سازه های (زمی با شل و سخت کردن تار **سرعت انتشار** را تغییر می دهند
- ❖ امواج لرزه ای **امواج مکانیکی** هستند و منشأ آنها **زمین لرزه ها** هستند و شامل **امواج P** (موج طولی) و **امواج S** (موج عرضی) است که سرعت امواج P از امواج S **بیشتر** است



راستای نوسان هر جزء، فتر



راستای انتشار موج

در حالی که موج به سمت راست حرکت می کند، هر حلقه فتر هم راستا با حرکت موج به چپ و راست نوسان می کند. به طوری که ناحیه های جمع بندی و باز بندی به طور متناوب در طول فتر ظاهر می شود.

راستای نوسان هر جزء، فتر

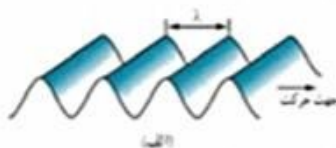
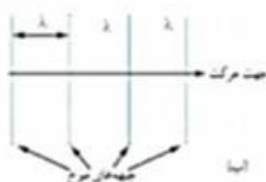


راستای انتشار موج

در حالی که موج به سمت راست منتشر می شود هر جزء فتر عمود بر راستای انتشار موج، به بالا و پایین نوسان می کند.

موج طولی

موج عرضی

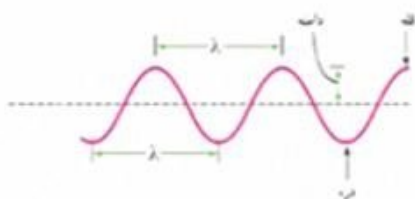


القا طرحی از تشکیل جبهه های موج تخت بر سطح آب یک تشت موج. جبهه های موج، رونس مناسب برای نمایش یک موج پیروند هستند. در رسم جبهه های موج معمولاً جبهه های مربوط به قله ها را رسم می کنند.





- ❖ متوسط موج انرژی منتقل می شود ولی ذرات محیط جابجا نمی شوند
- ❖ انرژی (توان متوسط) یک موج با **مربع دامنه** (A^2) و نیز **مربع بسامد** (f^2) موج متناسب است.
- ❖ تندی انتشار موج روی سطح آب های کم عمق، به **عمق آب** که یکی از ویژگی های محیط انتشار است بستگی دارد
- ❖ در سازه های (زمی با شل و سخت کردن تار **سرعت انتشار** را تغییر می دهند
- ❖ امواج لرزه ای **امواج مکانیکی** هستند و منشأ آنها **زمین لرزه ها** هستند و شامل **امواج P** (موج طولی) و **امواج S** (موج عرضی) است که سرعت امواج P از امواج S **بیشتر** است



راستای نوسان هر جزء، فتر



راستای انتشار موج

در حالی که موج به سمت راست حرکت می کند، هر حلقه فتر هم راستا با حرکت موج به چپ و راست نوسان می کند. به طوری که ناحیه های جمع بندی و باز بندی به طور متناوب در طول فتر ظاهر می شود.

راستای نوسان هر جزء، فتر

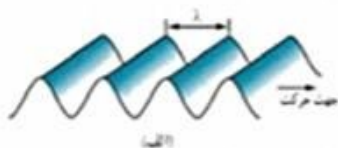
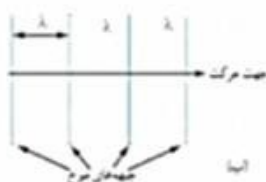


راستای انتشار موج

در حالی که موج به سمت راست منتشر می شود هر جزء فتر عمود بر راستای انتشار موج، به بالا و پایین نوسان می کند.

موج طولی

موج عرضی



القا طرحی از تشکیل جبهه های موج تخت بر سطح آب یک تشت موج. ابتدا جبهه های موج، رونس مناسب برای نمایش یک موج پهن و نه هستند. در رسم جبهه های موج معمولاً جبهه های مربوط به قله ها را رسم می کنند.





آکادمی الف



خلاصه
درس

❖ **فوتو الکتریک:** وقتی نور با بسامد مناسب به سطح فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند که به آن اثر فوتو الکتریک و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را فوتو الکترون می‌نامند.

❖ **ایرادات دیدگاه کلاسیک درباره فوتو الکتریک**

1- اثر فوتو الکتریک باید برای هر نوری با هر بسامدی رخ دهد.

2- با افزایش شدت تابش، انرژی جنبشی الکترون‌ها بیشتر می‌شود.

فوتون: نور تابشی به جسم با بسامد f را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بسته انرژی، را فوتون می‌نامند.

تابع کار: حداقل انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از سطح یک فلز (آفرین الکترون) را گویند که به منس فلز بستگی دارد.

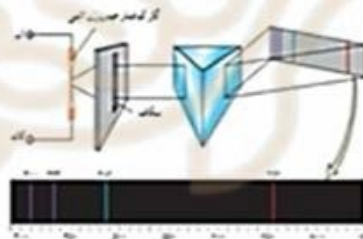
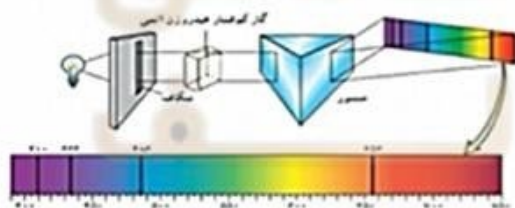
بسامد آستانه: بسامدی است که اگر نور با آن بسامد به فلز بتابد الکترون در آستانه کنده شدن از فلز قرار می‌گیرد.

طول موج آستانه: طول مهمی است که اگر نور با آن طول مهم بتابد الکترون در آستانه جدا شدن قرار می‌گیرد.

نابین گرمایی: همهٔ اجسام هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند که به آن تابش گرمایی گفته می‌شود.

طیف یوست: برای یک جسم جامد ، نظیر رشته داغ یک لامپ روشن، امواج گسیل شده شامل گستره پیوسته‌ای از طول موج‌هاست. به همین دلیل طیف ایجاد شده در این شرایط را طیف پیوسته می‌نامند.

طیف گسیلی خطی: گازهای کم فشار و رقیق که بین اتم‌های منفرد بر هم کنش‌های قوی موجود در جسم جامد وجود ندارد به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند. این طیف گسسته را معمولاً طیف گسیلی خطی یا به اختصار طیف خطی می‌نامند.



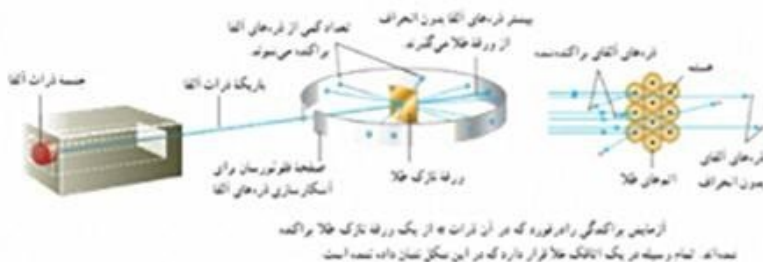
❖ **مدل اتمی تامسون:** بار الکتریکی مثبت تمام فضای کره را پوشانده و در کره پخش شده و

بار منفی (الکترئون) مانند کشمش (هی آن قرار دارد.

❖ **فاتواني مدلل اتمى نامون :**

در مدل اتمی تامسون، وقتی الکترونها با بسامدهای معینی مول وضع تعادلشان نوسان می کنند این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم میشود یکی از ناکامی های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که این مدل پیش بینی می کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.

❖ **مدل رادرفورد،** اتم دارای یک هسته بسیار پگال و کوچک و با بار مثبت است که و الکترون به دور هسته قرار دارد در حالت طبیعی. اتم از نظر الکتریکی خنث است؛ زیرا بار مثبت هسته، مساوی بار منفی است. مدل اتمی رادرفورد که آن را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند.

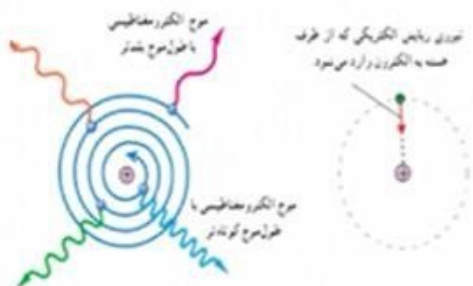




❖ تانوانی های مدل رادرفورد:

- 1- چون الکترون در اطراف هسته ساکن است و بغاظر جاذبه هسته روی آن سقوط کرده و اتم ناپایدار می شود.

متمی اگر الکترون بدور هسته بچرخد باز نیز ناپایدار است چون حرکت آن بدور هسته، حرکت شتابدار است و با چرخش الکترون بدور هسته، موج الکترومغناطیسی گسیل کرده و به خاطر جاذبه هسته به مرور شعاع چرخش کم می شود. و چون بسامد نور گسیلی با بسامد چرخش الکترون بدور هسته برابر است بنابراین طیف پیوسته ای گسیل می کند و در نهایت روی هسته سقوط می کند. که با طیف خطی گسیل توسط اتم ناسازگار است.



❖ اصول و فرضیات مدل بور

- 1- بار مثبت در داخل هسته قرار دارد و الکترون بدور هسته در مدارهای با انرژی مشخص می چرخد
- 2- مدارها و انرژی های الکترون ها در هر اتم گوانتیده اند؛ یعنی هر مدار دارای انرژی های گسسته و معینی است
- 3- 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.
- 4- الکترون می تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_v به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L ، یک فوتون تابش می شود. در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است.

❖ موفقیت های مدل اتمی بور

- 1- تصویری از چگونگی حرکت الکترون بدور هسته ارائه می کند.
- 2- پایداری اتم، طیف گسیلی و جذبی و انرژی یونش را توضیح می کند.
- 3- برای اتم های هیدروژن گونه کاربرد دارد اتم هیدروژن گونه به اتم هایی با تعداد بیشتر از یک الکترون گفته می شود که مثلاً اگر اتمی 3 الکترون داشته باشد و 2 تا آنها را از دست دهد دارای الکترون مثل هیدروژن می شود و به آن اتم هیدروژن گونه می گویند.

❖ نارسایی های مدل اتمی بور:

- 1- برای اتم هایی با بیش از یک الکترون قابل استفاده نیست. (زیرا در مدل اتم بور نیرویی که الکترون ها به هم وارد می کنند در نظر گرفته نشده)
 - 2- متفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی را توجیه نمی کند. مثلاً نمی تواند توجیه کند چرا شدت خط قرمز و آبی یکسان نیست
- ❖ **گسیل خود به خودی:** وقتی یک الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین تر جهش می کند، یک فوتون گسیل می شود که به آن گسیل خود به خودی می گویند. انرژی این فوتون برابر اختلاف انرژی دو تراز است
- ❖ **گسیل القایی:** یک فوتون با انرژی ای به اندازه اختلاف انرژی تراز پایه و برانگیخته، به الکترون برانگیخته می تابد و آن را ترمزیک (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 اختلاف انرژی های دو تراز یعنی $E_v - E_L$ یکسان باشد. وقتی به حالت پایه برمی گردد دو فوتون با انرژی برابر (اختلاف تراز پایه و برانگیخته) گسیل می کند





❖ **گسیل القایی سه ویژگی عمده دارد.**

1) اول اینکه یک فوتون دارد و دو فوتون خارج می‌شود. به این ترتیب این فرایند تعداد فوتون‌ها را افزایش می‌دهد و نور را تقویت می‌کند.

2) دوم اینکه فوتون گسیل شده در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند.

3) سوم اینکه فوتون گسیل شده با فوتون ورودی هم فاز، هم بسامد و هم جهت است.

❖ **وارونی جمعیت:** اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد. شرطی که به وارونی جمعیت معروف است.

❖ **چگونه نور لیزر را تقویت کنیم؟**

وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها، الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌کند.

❖ از لیزر می‌توان در **پوششکاری و اندازه‌گیری دقیق و برش فلزها** و در پزشکی نیز برای **برداشتن لکه‌های پوستی و شش پراشگی دندانپزشکی** استفاده می‌شود.

❖ **نظریه نسبیت خاص** مربوط به مطالعه پدیده‌هایی با سرعت بسیار بالا و قابل مقایسه با سرعت نور می‌باشد.

❖ **نظریه نسبیت عام** مربوط به مطالعه هندسه فضا-زمان و گرانش است.

❖ **نظریه کوانتوم** مربوط به مطالعه پدیده در مقیاس بسیار کوچک در مد اتم و مولکول است.

❖ در **فیزیک هسته‌ای** با ساختار، برهم‌کنش‌ها و واپاشی‌های هسته اتم سر و کار داریم.

❖ ساخت **شتابدهنده‌های ذرات** باعث تحول در فیزیک هسته‌ای شد.

❖ پدیده فوتو الکتریک برای هر نوری با هر بسامدی **رخ نمی‌دهد.**

❖ شدت تابش با مهذور دامنه میدان الکتریکی آن رابطه مستقیم دارد.

❖ افزایش شدت تابش **انرژی جنبشی الکترون‌ها** را تغییر نمی‌دهد.

❖ هر فوتون صرفاً با **یکی از الکترون‌های فلز** بر هم‌کنش می‌کند.

❖ **افزایش شدت نور** (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد **فوتون‌ها** و در نتیجه افزایش تعداد **فوتو الکترون‌ها** می‌شود. در حالی که انرژی جنبشی فوتو الکترون‌ها **بدون تغییر** می‌ماند.

❖ بسامد آستانه به **جنس فلز** بستگی دارد.

❖ در دمای معمولی بیشترین تابش در **محدوده فرو سرخ** قرار دارد.

❖ واحد های انرژی ژول و eV است و هر الکترون ولت معادل 1.6×10^{-19} است.

❖ تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از **برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن** است.

❖ طول موج‌های ایجاد شده در طیف خطی برای هر گاز **منحصر به فرد** است.

❖ هم در **طیف گسیلی** و هم در **طیف جذبی** عنصر، طول موج‌های معینی وجود دارد که جزء مشخصه‌های آن عنصر است.

❖ **طیف گسیلی** و **طیف جذبی** هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست.

❖ اتم‌های هر گاز دقیقاً **همان طول موج‌هایی** را از نور سفید جذب می‌کنند که اگر دمای آنها به اندازه کافی بالا رود آنها را تابش می‌کنند.





- ❖ در طیف کسبیلی فطری، طیف فطری ایجاد شده و رنگ نور کسبیلی به نوع گاز **درون لامپ** بستگی دارد
- ❖ طیف فطری **هیدروژن** از طیف مابقی گازها مهتر است
- ❖ بسیاری از قطعات تاریکی از فرانهوفر در طیف فورشید کشف کرد. ناشی از **جذب طول موج های مربوط به این خط ها توسط گاز های جو** فورشید است. قطعات دیگر به سبب جذب نور در **گاز های جو زمین** پدید می آیند.
- ❖ پایین ترین تراز انرژی، **حالت پایه** نامیده می شود
- ❖ وقتی الکترون در ترازهای بالاتر از تراز حالت پایه قرار می گیرد **حالت های برانگیخته** نامیده می شوند.
- ❖ کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه و رساندن به $n=\infty$ (کندن الکترون موجود در لایه پایه و تبدیل اتم به یون) **انرژی یونشی الکترون** نامیده می شود.
- ❖ الکترون فوتونی به اندازه اختلاف دو تراز انرژی جذب می کند (اختلاف تراز پایه و تراز لایه بالاتر) و برانگیخته می شود که به آن **فرایند جذب فوتون** می گویند
- ❖ در کسبیل خود به خود فوتون در جهتی **کاتوره های کسبیل** می شود.
- ❖ برای کسبیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با **اختلاف انرژی های دو تراز** یعنی $E_U - E_L$ یکسان باشد.
- ❖ فوتون هایی که باریکه لیزری را ایجاد می کنند **هم بسامد، هم جهت و هم فاز** هستند.
- ❖ اساس کار لیزر **کسبیل القایی** است
- ❖ **وارونی جمعیت** الکترون ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون ها در ترازهایی بنام ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها، الکترون ها مدت (زمان بسیار طولانی تری) باقی می مانند این (زمان تر طولانی فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه **تکویت نور** را فراهم می کند
- ❖ در حالت وارون جمعیت الکترون ها بیشتر در **ترازی بالاتر از حالت پایه** قرار می گیرند
- ❖ انرژی لازم برای برانگیخته کردن الکترون را میتوان به روشهای متعددی از جمله **درخشش های شدید نور مصمومی** و یا **تفلیه های ولتاژ بالا** فراهم کرد

❖ آزمایش طرامی کنید که طیف کسبیلی فطری یک گاز را بتوان با آن تشکیل داد

برای تشکیل طیف کسبیلی فطری های اتم هر گاز نظیر هیدروژن، هلیوم، سدیم و نئون معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه ای که حاوی مقداری گاز رقیق و فشار کم است استفاده می شود و الکترون ها به نام های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارد که به ترتیب به پایانه های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل اند این ولتاژ بالا سبب تفلیه الکتریکی در گاز می شود و اتمهای گاز درون لامپ شروع به کسبیل نور می کنند این نور از منشور عبور کرده و طیف کسبیلی فطری گاز را شکل می دهد آزمایش نشان میدهد که طیف فطری ایجاد شده و همچنین رنگ نور کسبیل شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد

رابطه ریبریگ را اثبات کنید

$$f = \frac{1}{h} (E_U - E_L) = \frac{E_R}{h} \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

با استفاده از رابطه $f = c/\lambda$ طول موج فوتون کسبیل شده را پیدا می کنیم.

$$\frac{c}{\lambda} = \frac{E_R}{h} \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc} \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

از سوی دیگر داریم:

$$\frac{E_R}{hc} = \frac{13.6 \text{ eV}}{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}} = 0.0109 \text{ (nm)}^{-1}$$

که این مقدار، با تقریب بسیار خوبی همان ثابت ریبریگ R است که پیش از این با آن آشنا شدیم. به این ترتیب داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$





- ❖ برای آنکه هسته به نوکلئون های تشکیل دهنده آن تقسیم شود به اندازه **انرژی بستگی هسته** به آن داده شود تا هسته به نوکلئون های تشکیل دهنده تجزیه شوند
- ❖ برای مناسبه انرژی بستگی هسته باید **افتلاف جرم هسته و جرم نوکلئون های تشکیل دهنده هسته** را در رابطه $(E = mc^2)$ قرار دهیم
- ❖ **انرژی نوکلئون های** درون هسته نیز مانند انرژی الکترون های **کوانتیده است** و نوکلئون های درون هسته **نمی توانند** هر انرژی دلخواهی را داشته باشند
- ❖ همان طور که الکترون های اتم می توانند با **جذب انرژی** از تراز پایه به تراز برانگیخته بروند، نوکلئون ها نیز می توانند با جذب انرژی به تراز های انرژی بالاتر بروند و در نتیجه **هسته برانگیخته** شود. هسته برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه بر می گردد.
- ❖ **انرژی فوتون** گسیل شده، با افتلاف انرژی بین تراز برانگیخته و تراز پایه برابر است. این مقدار بسیار **بزرگتر** از افتلاف بین تراز های انرژی الکترون ها در اتم است. (در مد **Mev و Kev** است)
- ❖ هسته ها در واکنش های شیمیایی برانگیخته **نمی شوند چون نیازمند انرژی بسیار زیادی است**
- ❖ در تمام فرایندهای واپاشی تعداد **نوکلئون ها** در طی فرایند واپاشی هسته ای **پایسته** است؛ یعنی تعداد نوکلئون ها، پیش از فرایند با تعداد نوکلئون ها پس از فرایند مساوی است.
- ❖ **ذره های آلفا**، سنگین اند و بار مثبت دارند. بُرد این ذره ها **کوتاه** است و **کمترین نفوذ** را دارند و با ورقه سربی در مد **0/01 mm** جذب می شوند. با **ورود به بدن آسیب های جدی به بافت های بدن** وارد می کنند. بار **مثبت** دارد و از جنس **هسته هلیوم** است
- ❖ با واپاشی هر ذره آلفا **2 واحد از عدد اتمی** کاسته و **4 واحد از عدد جرمی** کم می شود
- ❖ واپاشی بتا، **نفوذ بیشتری دارند** و با ورقه سربی در مد **0/1 m mm** جذب می شوند **مقابل ترین** و اولین نوع واپاشی در هسته- هاست و این ذرات **الکترون اند** و وقتی به وجود می آید که نوترونی درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل شود.
- ❖ **با واپاشی بتا یک واحد به عدد اتمی اضافه شده و عدد جرمی ثابت می ماند**
- ❖ پوزیترون، جرم یکسان **با الکترون** دارد، دارای بار **مثبت** است و در واقع الکترون مثبت گفته می شود، می گویند. در واقع یکی از پروتون های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می شود و سپس این پوزیترون از هسته گسیل می شود.
- ❖ در واپاشی پوزیترون یک واحد از **عدد اتمی** کاسته شده و عدد جرمی **ثابت** می ماند
- ❖ پس از واپاشی **آلفا** و **بتا** هسته هنوز در حالت برانگیخته قرار دارد که با واپاشی **گاما** انرژی از دست داده و به حالت پایه می رسد
- ❖ پرتوهای گاما با ورقه سربی در مد **100 mm** جذب می شود قدرت **نفوذ بالایی** دارد در این واپاشی عدد اتمی و جرمی **تغییری نمی کند**
- ❖ با گذشت هر **نیمه عمر**، نیمی از هسته های مادر واپاشی می شود

