

به نام خدا

درسنامه آموزشی فیزیک ۳

نوسان و امواج (صفحات ۶۱ تا ۷۴)

به قلم مهدی غفاری - ارشد برق صنعتی شریف

۱-۳ نوسان دوره ای

دنیای اطراف ما پر از حرکت های منظم و غیر منظم می باشد. حرکت های که به صورت منظم در حال انجامند **نوسان** نامیده می شوند. حرکت های نوسانی را که به صورت کاملا تکراری در حال انجامند **نوسان های دوره ای** می نامند. هر کدام از چرخه هایی که در نوسان دوره ای وجود دارد، **دوره تناوب** نامیده می شود. و آن را با T نشان می دهند.

تعداد نوسان هایی که در واحد زمان انجام می شود را **فرکانس نوسان (بسامد)** می نامند. و واحد آن هرتز می باشد.

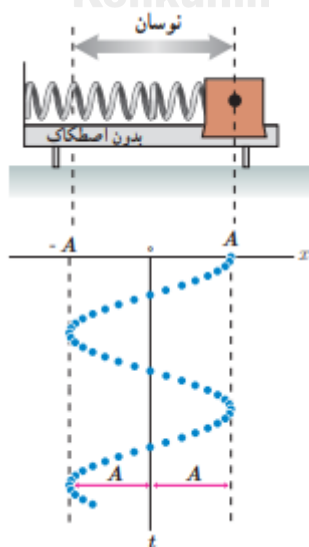
$$f = \frac{1}{T}$$

(بسامد)

۲-۳ حرکت هماهنگ ساده

در قسمت قبل با نوسان دوره ای آشنا شدیم، نوسانی که به صورت سینوسی رخ بدهد را از بقیه جدا می کنیم. این نوع نوسان را **حرکت هماهنگ ساده** می گوئیم. چون در مقاطع بالاتر اثبات می شود که بقیه نوسان ها را می توان با مجموعه از نوسان های سینوسی بیان کرد به همین دلیل به آن ها ساده گفته می شود.

نمونه ساده یک حرکت هماهنگ ساده **نوسان فنر** می باشد. که در یک محیط بدون اصطکاک صورت میگیرد. در این حرکت جسم به صورت سینوسی رفت و برگشت می کند.



علت سینوسی بودن این نوع حرکت به خاطر سرعت و شتابی است که جسم در لحظات مختلف دارد. در انتها سرعت صفر می شود و شتاب ماکزیمم می شود و در وسط برعکس.

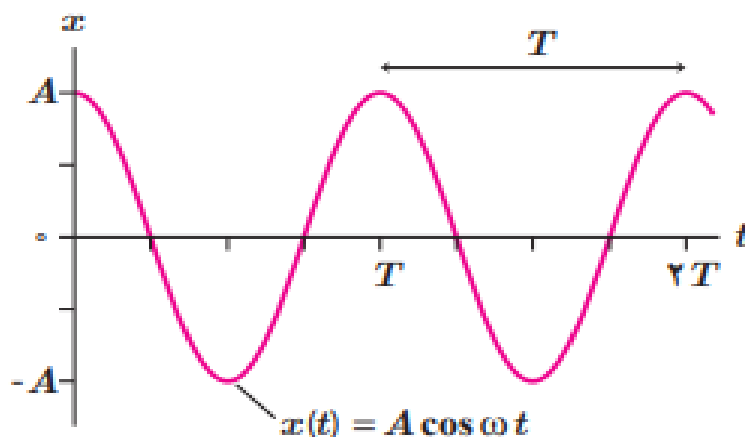
برای نوشتن معادله مکانی می توان به صورت زیر عمل کرد:

$$x(t) = A \cos \omega t \quad (\text{معادله مکان - زمان در حرکت هماهنگ ساده})$$

که در این معادله A ماکزیمم میزان کشیدگی را نشان می دهد. و ω بیان گر بسامد زاویه ای می باشد که با فرکانس نوسان مرتبط است.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (\text{بسامد زاویه ای})$$

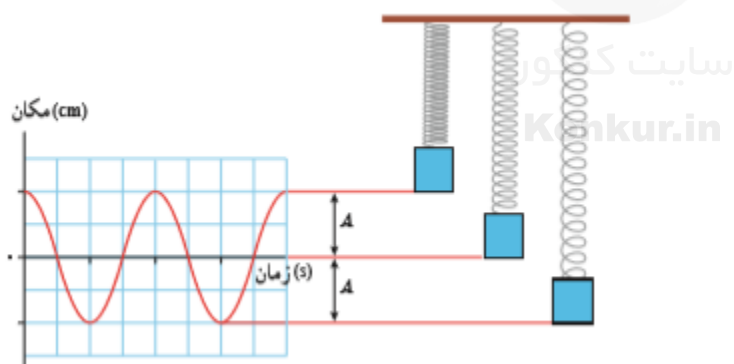
اگر بخواهیم نمودار x را بر حسب زمان رسم کنیم به صورت زیر در می آید:



در این نمودار همان طور که مشاهده می شود x بین A و $-A$ تغییر می کند و زمانی که x در انتها های خود قرار دارد سرعت به صفر می رسد ولی در وسط مسیر به مقادیر v_{max} و یا $-v_{max}$ می رسد.

آزمایش جرم و فنر

اگر یک جرم داشته باشیم که یک فنر به آن متصل باشد در این صورت اگر اصطکاک و تلف نداشته باشیم نوسان فنر اگر جسم را از حالت $x=A$ رها کنیم حرکت هماهنگ ساده خواهد شد.



در این نوسان دوره تناوب به صورت زیر به دست می آید:

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

(دوره تناوب سامانه جرم - فنر)

و در نتیجه بسامد زاویه ای به صورت زیر به دست می آید:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

(بسامد زاویه‌ای سامانه جرم - فنر)

برای اینکه بفهمیم این روابط از کجا آمده است اشاره مختصری می‌کنیم:

طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$f = ma$$

و می‌دانیم نیروی وارد بر جرم به صورت زیر می‌باشد:

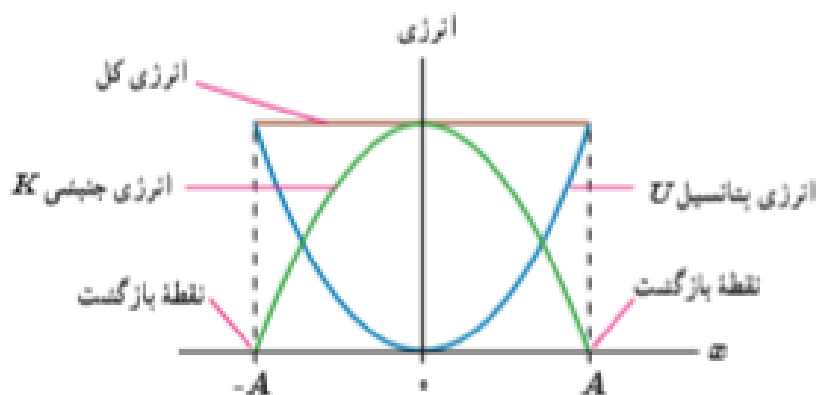
$$f = -k(x - x_0) - mg. \quad mg = kx_0 \Rightarrow f = -kx$$

$$ma = -kx \Rightarrow m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx \Leftrightarrow x = A \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}x\right)$$

در واقع با حل قانون دوم برای این مسئله معادله مکان و مقدار بسامد زاویه‌ای به دست می‌آید.

۳-۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده

در یک حرکت هماهنگ ساده بدون اصطکاک به طور مرتب انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل به همدیگر تبدیل می‌شود. به این صورت که در انتهای مسیر که سرعت صفر می‌شود انرژی جنبشی صفر می‌شود. و در وسط مسیر انرژی جنبشی ماکزیمم می‌شود و انرژی پتانسیلی صفر می‌شود.



ولی با توجه به این که فرض کردیم تلف نداریم مقدار انرژی کل (مکانیکی) ثابت باقی خواهد ماند. و برابر است با:

$$E = \frac{1}{2} k A^2 \quad (\text{انرژی مکانیکی سامانه جرم - فنر})$$

همچنین می توان برای نوسان گر های دیگر نیز به طور کلی انرژی مکانیکی را به صورت زیر نوشت:

$$E = 2\pi^2 m A^2 f^2 \quad (\text{انرژی مکانیکی نوسانگر هماهنگ ساده})$$

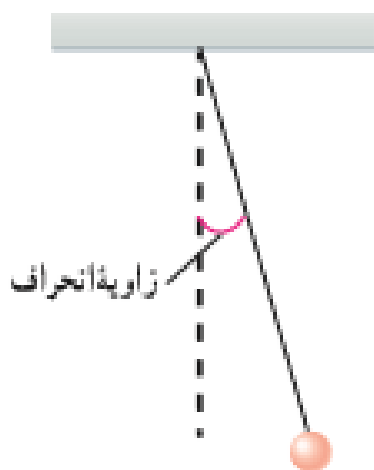
آونگ ساده

اگر یک وزنه کوچک داشته باشیم که از نخ بدون جرم و بدون کشش متصل باشد در این صورت یک آونگ ساده داریم. اگر طول نخ برابر L باشد در این

صورت اگر انحراف از تعادل کوچک باشد در این صورت رابطه دوره تناوب به صورت زیر می باشد:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (\text{دوره تناوب آونگ ساده})$$

که این رابطه نیز همانند دستگاه جرم و فنر از روی حل قانون دوم به دست می آید.



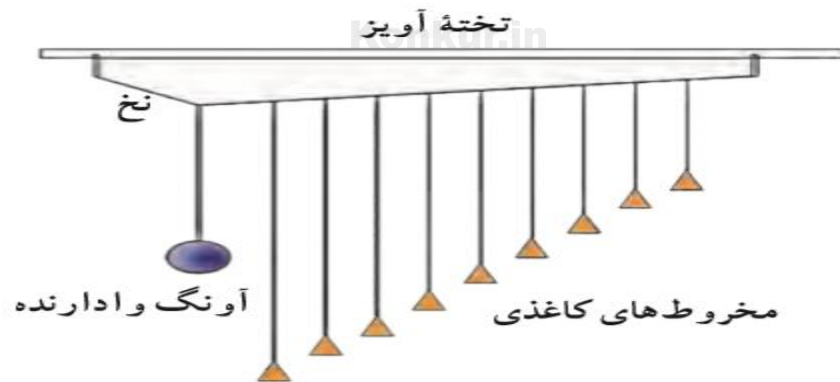
۳-۴ تشدید

هنگامی که یک نوسان گر از وضعیت تعادل خارج می شود، با یک فرکانسی شروع به نوسان می کند که به ذات آن سیستم نوسان گر بستگی دارد. برای مثال در سیستم جرم و فنر به m, k بستگی داشت و برای آونگ به l, g بستگی داشت. به این فرکانس های نوسان فرکانس های طبیعی سیستم گفته می شود.



ما این سیستم ها را با نوسان های متفاوتی نیز می توانیم به نوسان بیاوریم که به آن ها فرکانس های **واداشته** می گویند. در واقع سیستم میلی به این فرکانس ندارد ولی به آن وادار شده است. در صورتی که فرکانس واداشته سیستم با فرکانس طبیعی آن یکی شود. در واقع نوسانگر را با فرکانسی تاب دهیم که به آن علاقه دارد باعث می شود رفته رفته دامنه آن بزرگتر شود و دچار **تشدید** می شود. اگر فرکانس واداشته کمتر یا بیشتر از فرکانس طبیعی باشد در این صورت سیستم رفته رفته میرا می شود.

مثالی از این اثر در آونگ های بارتون می باشد. در این آونگ ها یکی از آونگ ها فرکانس طبیعی یکسانی با آونگ وادارنده دارد و در نتیجه بیشتر از بقیه نوسان می کند.



موج و انواع آن

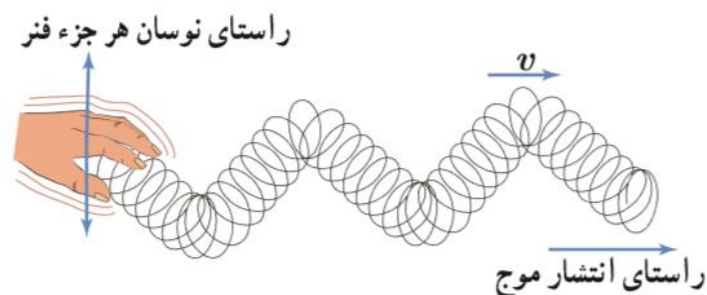
مکانیزمی که بدون انتقال ماده می تواند انرژی را انتقال بدهد **موج** نامیده می شود. برای ایجاد یک موج نیازمند یک محیط کشسان می باشد.



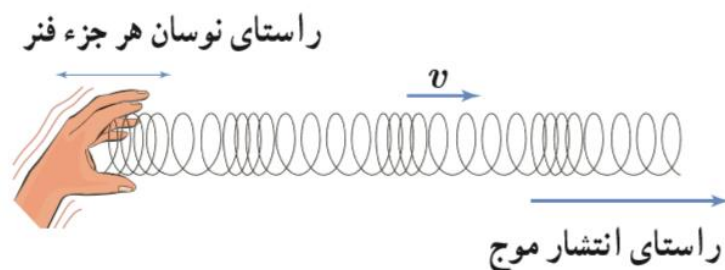
موج انواع گوناگونی دارد که عموماً به دو دسته **مکانیکی** و **الکترمغناطیسی** تقسیم می‌شود. موج‌هایی که برای انتقال خود به محیط مادی نیاز دارند جز موج‌های مکانیکی هستند. مانند موج‌های روی آب، موج‌های یک تار و موج‌هایی مانند نور مرئی، موج رادیویی و تلویزیونی و ... جز موج‌های الکترومغناطیسی هستند. اگر چه موج‌های مکانیکی و مغناطیسی منبع‌های متفاوتی دارند ولی قاعده آن‌ها یکسان است و مثل هم رفتار می‌کنند.

اگر یک فنر را از یک طرف نوسان بدهیم در این صورت نوسان‌ها انتقال پیدا می‌کنند. شکلی که در یک بار بالا و پایین آوردن صورت می‌گیرد را **تپ** می‌گویند. در چنین حالتی به محلی که نوسان را ایجاد می‌کند چشمه نوسانی گفته می‌شود. و نوسان‌ها دائماً از چشمه در حال دور شدن می‌باشند. اگر چشمه به طور هماهنگ ساده نوسان کند، اجزای محیط با همان بسامد چشمه نوسان خواهد کرد.

اگر در یک موج جا به جایی ذرات عمود بر جهت انتشار موج باشد به آن **موج عرضی** گفته می‌شود. شکل زیر این نوع موج را نشان می‌دهد.



ولی اگر جهت جا به جایی ذرات در جهت موج باشد، در این صورت **موج طولی** نامیده می شود.

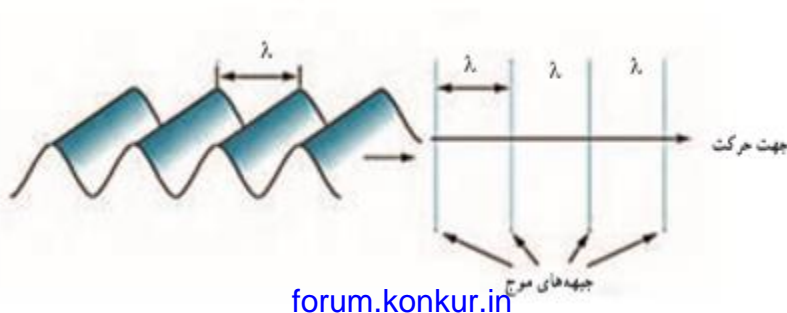


به موج هایی که تابه حال بررسی شده **موج های پیش رونده** گفته می شود، زیرا این نوع موج ها انرژی را از نقطه ای به نقطه ای دیگر منتقل می کردند.

۳-۶ مشخصه های موج

هنگامی که یک موج تشکیل می شود می توان برای آن ویژگی هایی را به دست آورد.

به برآمدگی هایی یا فرورفتگی هایی که در یک موج وجود دارد، **جبهه موج** گفته میشود. به برآمدگی ها **قله** و به فرورفتگی ها **دره** گفته میشود. فاصله بین دو هر دو برآمدگی یا فرورفتگی متوالی برابر می باشد که از مشخصه های موج است و **طول موج** نامیده می شود. و با λ نمایش داده می شود.





به پیشینه فاصله ای که یک ذره از نقطه تعادل ایجاد می کند **دامنه** گفته می شود. که همان فاصله بین قله یا دره از نقطه تعادل می باشد. و با A نمایش می دهند.

به مدت زمانی که یک ذره از محیط یک نوسان کامل انجام دهد. **دوره تناوب** **موج** گفته می شود. و با T نشان می دهند.

به تعداد نوسان های یک ذره از محیط که در یک ثانیه انجام می دهد **بسامد** گفته می شود. و با f نشان می دهند.

اگر جبهه ی موج با سرعت v انتقال پیدا بکند در این صورت **تندی انتشار** **موج** برابر v خواهد بود.

بین سرعت انتشار، طول موج، بسامد و دوره تناوب رابطه زیر برقرار است:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

تندی انتشار موج بر خلاف بسامد که از ویژگی های چشمه می باشد، به محیط انتشار بستگی دارد و برای یک فنر یا ریسمان که نیروی کششی F و چگالی خطی جرم $\mu = m/L$ برابر است با:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$



همان طور که گفته شد موج مکانیزی برای انتقال انرژی می باشد. یعنی انرژی که چشمه در هر لحظه تولید می کند از طریق فنر، ریمان و ... انتقال پیدا می کند. اگر چشمه نوسان سینوسی داشته باشد انرژی که انتقال می یابد با مربع دامنه (A^2) و مربع بسامد (f^2) متناسب خواهد بود.



سایت کنکور

Konkur.in