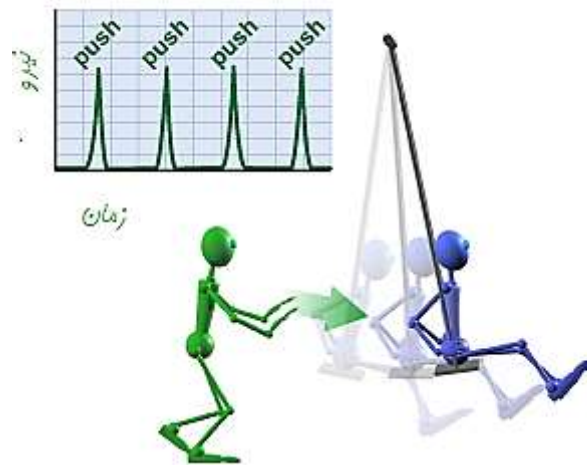


نوسانگر هایی مانند آونگ و یا سامانه جرم-فنر که به طور معمول و بدون وارد شدن نیروی خارجی بررسی می کنیم، با بسامد طبیعی نوسان می کنند. بسامد طبیعی سیستم جرم-فنر و بسامد طبیعی آونگ ساده که قبلا روابط آن ها بیان شد را f_0 می نامیم. حال اگر نیرویی خارجی به این سیستم وارد شود، سیستم دیگر لزوما با بسامد طبیعی نوسان نمی کند و با بسامد دیگری نوسان می کند که به آن بسامد واداشته f_d گفته می شود. در صورتی که در این سامانه ها بسامد طبیعی دستگاه با بسامد واداشته برابر باشد، پدیده تشدید اتفاق می افتد.

شرط ایجاد تشدید

تاب خوردن کودکی را در نظر بگیرید. اگر کسی تاب را هل ندهد، نوسان تاب، نوسان آزاد است که بر اثر مقاومت هوا، مقداری از انرژی تلف می شود و سرانجام متوقف می شود. اما اگر شخصی در هر رفت و برگشت تاب یک نیروی دوره ای به کودک وارد کند، دیگر تاب نمی ایستد.



اگر نیروی دوره ای که به سیستم وارد می شود، بسامدی داشته باشد و این بسامد برابر با بسامد طبیعی سیستم داشته باشد ($f_d=f_0$)، اصطلاحا می گویند برای نوسانگر پدیده تشدید (رزونانس) رخ داده است. در این حالت دامنه نوسان بزرگ تر می شود. اگر بسامد نیروی وارد شده بیشتر و یا کمتر از بسامد طبیعی سیستم باشد، دامنه نوسان کمتر از حالتی است که بسامد نیرو برابر با بسامد طبیعی سیستم باشد. مثلا در مثال هل دادن تاب، اگر بسامد هل دادن برابر با بسامد طبیعی سیستم باشد یعنی مثلا هر بار که تاب به بیشترین ارتفاع خود می رسد، نیرو وارد شود، دامنه نوسان تاب بیشتر و بیشتر می شود.

مزایای تشدید

پدیده تشدید، همیشه اتفاق بدی به حساب نمی آید. کودکی را در نظر بگیرید که سوار تاب است و کسی هم او را هل نمی دهد. کودک شروع به تاب دادن خودش به سمت عقب و جلو می کند. اگر این کار را با بسامد درستی انجام دهد، پس از مدت کوتاهی، تاب با دامنه زیاد در حال جلو و عقب رفتن خواهد بود. به این نکته توجه کنید که نیرویی که کودک در این فرآیند مصرف می کند، کوچک است. ولی نتیجه این عمل، دامنه های بزرگی را تشکیل می دهد.



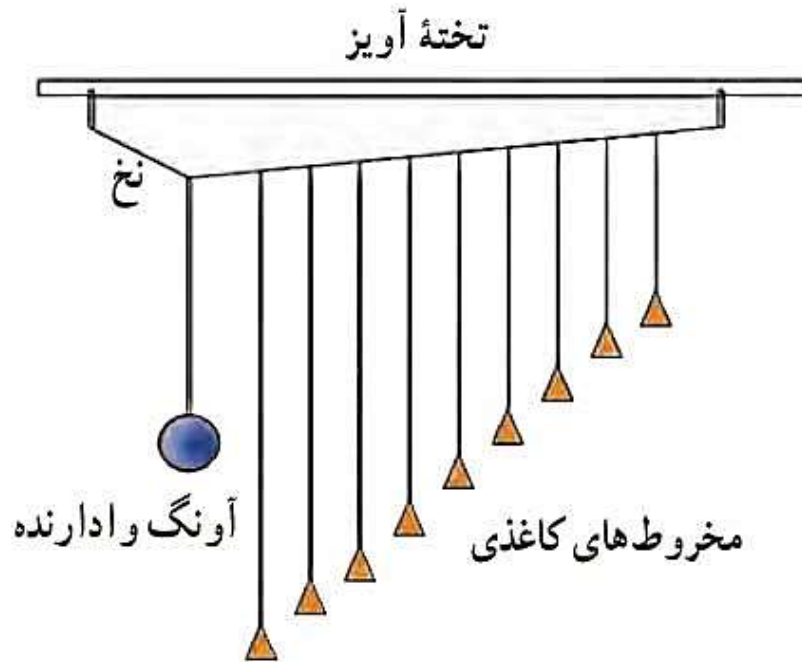
به عنوان مثالی دیگر از این پدیده، پیچ تنظیم رادیو را در نظر بگیرید. با چرخاندن پیچ تنظیم، در واقع در حال تغییر بسامد طبیعی مدار الکتریکی رادیو هستیم. هنگامی که این بسامد طبیعی با بسامد ایستگاه رادیویی مورد نظر یکسان شود، جذب انرژی به مقدار بیشینه می رسد و فقط صدای همان ایستگاه رادیویی را خواهیم شنید.

معایب تشدید

در سوی مقابل، تشدید آثار مخرب بسیاری دارد. هنگامی که زلزله رخ می دهد، برخی ساختمان ها فرو می ریزند. در حالی که برخی دیگر از ساختمان ها پابرجا مانده اند. یکی از عوامل تعیین کننده در این فروپاشی، بسامد تشدید یا بسامد طبیعی ساختمان است. اگر بسامد ارتعاش زمین با بسامد طبیعی ساختمان یکی شود، ساختمان بیشترین دامنه نوسان و شدیدترین خسارت را تجربه خواهد کرد. در سال 1940 میلادی پل تاکوما ناروز (Tacoma Narrows) در معرض بادی با سرعت 64 کیلومتر در ساعت قرار گرفت. یکی بودن بسامد باد و بسامد طبیعی پل موجب افزایش دامنه نوسان پل و در نهایت، تخریب آن شد.

آونگ های بارتون

یک آونگ با وزنه سنگین و تعدادی آونگ سبک با طول های متفاوت را مطابق شکل سوار کنید. آونگ ها روی نخ سوار شده اند که هر دو انتهای آن توسط گیره هایی به تخته آویز متصل شده است. به آونگ سنگین اصطلاحاً آونگ وادارنده می گویند. زیرا به نوسان در آوردن این آونگ در صفحه عمود بر صفحه شکل، موجب تاب خوردن نخ آویز و در نتیجه به نوسان داشتن سایر آونگ ها می شود. به این دستگاه، آونگ های بارتون گویند. اگر آونگ وادارنده را به نوسان در آورید چه مشاهده می کنید؟



پاسخ:

با به نوسان در آوردن آونگ سنگین، نخ آویز به حرکت در می آید و بنابر این به بقیه آونگ ها نیز نیرویی وارد می شود و نوسان می کنند اما مشاهده می کنیم آونگی که طولش با طول آونگ سنگین برابر بود، با دامنه بیشتری نوسان می کند. علت این پدیده این است که بسامد نوسان نیروی که از طرف نخ آویز به آونگ ها وارد می شود برابر با بسامد طبیعی نوسان آونگی است که هم ارتفاع با آونگ سنگین است. بنابر این پدیده تشدید رخ می دهد و دامنه نوسان آن آونگ افزایش می یابد و مشاهده می شود که دامنه نوسانش از همه آونگ ها بیشتر است.

مثال 1:

طول تعدادی آونگ ساده که از میله ای افقی آویزان اند عبارت اند از 3.5m ، 2.8m ، 1.2m ، 0.80m ، 0.40m . فرض کنید میله دستخوش نوسان هایی افقی با بسامد زاویه ای در گستره 2.0rad/s تا 4.0rad/s بشود. کدام آونگ ها با دامنه بزرگ تری به نوسان در می آیند؟ (توجه کنید گرچه تشدید در بسامد مشخصی رخ می دهد، اما دامنه نوسان در نزدیک این بسامد همچنان بزرگ است).

پاسخ:

چون در سوال گفته شده میله دستخوش نوسان های افقی می شود یعنی نیرویی خارجی به این آونگ ها وارد می شود. باید بررسی کنیم و ببینیم که پدیده تشدید رخ می دهد یا خیر؟ بنابر این باید نوسان طبیعی هر کدام از آونگ ها را به دست بیاوریم.

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{10}{0.4}} = 5 \frac{rad}{s}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{10}{0.8}} = 3.5 \frac{rad}{s}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{10}{1.2}} = 2.9 \frac{rad}{s}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{10}{2.8}} = 1.9 \frac{rad}{s}$$

چون بسامد نوسان آونگ های با طول 0.80m و 1.2m در محدوده 2.0rad/s تا 4.0rad/s است، پدیده تشدید رخ می دهد و این دو آونگ با دامنه بیشتری نوسان میکنند.

مثال 2:

در پی زمین لرزه عظیمی (به بزرگی 8.1 در مقیاس ریشتر) که در ساحل غربی مکزیک در سال 1985 اتفاق افتاد ساختمان های نیمه بلند فرو ریختند ولی ساختمان های کوتاه تر و بلند تر پا برجا ماندند. علت این پدیده را توضیح دهید.

پاسخ:

علت فرو ریختن ساختمان ها در زمین لرزه این است که ساختمان ها به حدی نوسان می کنند که پیوندهای بین مولکولی اجزای سازنده ساختمان شکسته می شوند و باعث می شود که اجزای ساختمان از هم جدا شوند و ساختمان خراب شود. هر چه دامنه نوسان بیشتر باشد احتمال شکستن پیوند بین اجزا بیشتر می شود. ساختمان ها مثل آونگ یک بسامد طبیعی دارند که این بسامد به ارتفاع و سختی ساختمان بستگی دارد. اگر بسامد زمین لرزه برابر با بسامد طبیعی یک ساختمان باشد، پدیده تشدید رخ می دهد و دامنه نوسان آن ساختمان بیشتر و بیشتر می شود و در نهایت ساختمان فرو می ریزد. اگر ساختمان بلندتر و یا کوتاه تر باشند به صورتی که بسامد طبیعی آن از بسامد زمین لرزه متفاوت باشد، ساختمان فرو نمی ریزد.



مثال 3:

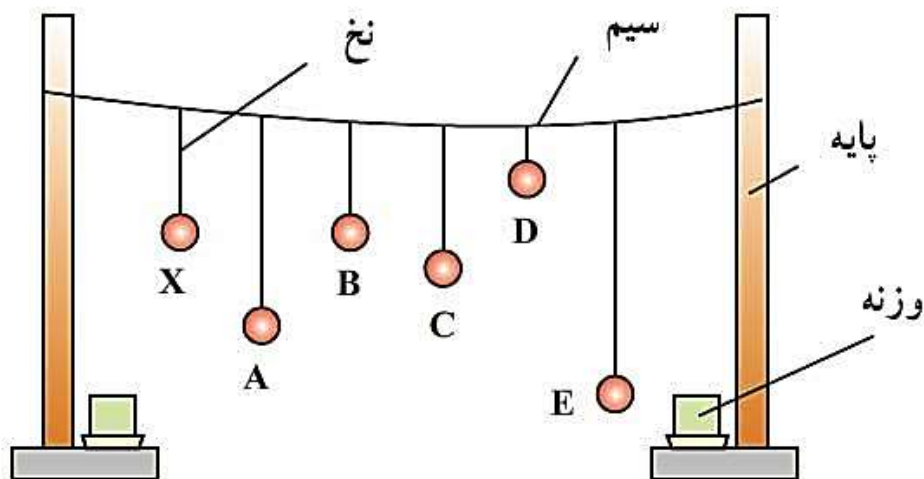
هر فرد معمولا با چرخش اندک بدنش به چپ و راست، راه می رود و بدین ترتیب نیروهای کوچکی به زمین زیرپایش وارد می کند. این نیروها بسامدی در حدود 0.5Hz دارند. لرزش شدید پل هوایی میلینیوم در آغاز هزاره جدید را به عبور منظم گروهی از افراد از این پل ربط داده اند. چگونه ممکن است نوسان های بدن این افراد موجب چنین لرزشی شده باشد؟

پاسخ:

اگر این افراد به صورت منظم حرکت کنند تا این نیرو با بسامد خاصی به پل وارد شود و اگر تعداد افراد به حدی باشد که نیروی لازم به پل وارد شود، در صورتی که بسامد وارد کردن نیرو به پل با بسامد طبیعی پل برابر باشد، پدیده تشدید رخ می دهد و دامنه نوسانات پل زیاد می شود. اگر افراد نامنظم حرکت کنند چون بسامد نیروی وارد شده ثابت نیست، با بسامد طبیعی پل نمی تواند برابر شود و تشدید رخ نمی دهد. همچنین اگر تعداد کمی از افراد روی پل حرکت کنند، چون نیروی وارد شده کافی نیست تشدید رخ نمی دهد. مانند حالتی که از بچه کوچکی بخواهیم تابی را که یک فرد سنگین روی آن نشسته است را هل دهد. با این که بچه می تواند با بسامد خاص تاب را هل دهد اما چون نیروی کافی وارد نمی کند، دامنه نوسان تاب زیاد نمی شود.

مثال 4:

مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته ایم. توضیح دهید با به نوسان درآوردن آونگ X آونگ های دیگر چگونه نوسان می کنند؟



پاسخ:

با نوسان آونگ X سیم بالای آونگ ها نوسان می کند که بسامد این نوسان برابر با نوسان آونگ X است. حرکت این سیم به دیگر آونگ ها هم نیرو وارد می کند. این نیرو باعث نوسان دیگر آونگ ها می شود اما برای آونگی که هم طول با آونگ X است، چون بسامدنیروی وارد شده برابر با بسامد طبیعی اش می باشد، پدیده تشدید رخ می دهد و دامنه نوسان افزایش می یابد. بنابر این آونگ B با دامنه ای بیشتر از همه آونگ ها نوسان می کند.

Website: <https://physicfa.ir>Telegram: <https://t.me/physicfa>Aparat: <https://aparat.com/physicfa>