ارتعاشات مکانیکی

ارائه دهنده: دکتر سیروان فرهادی

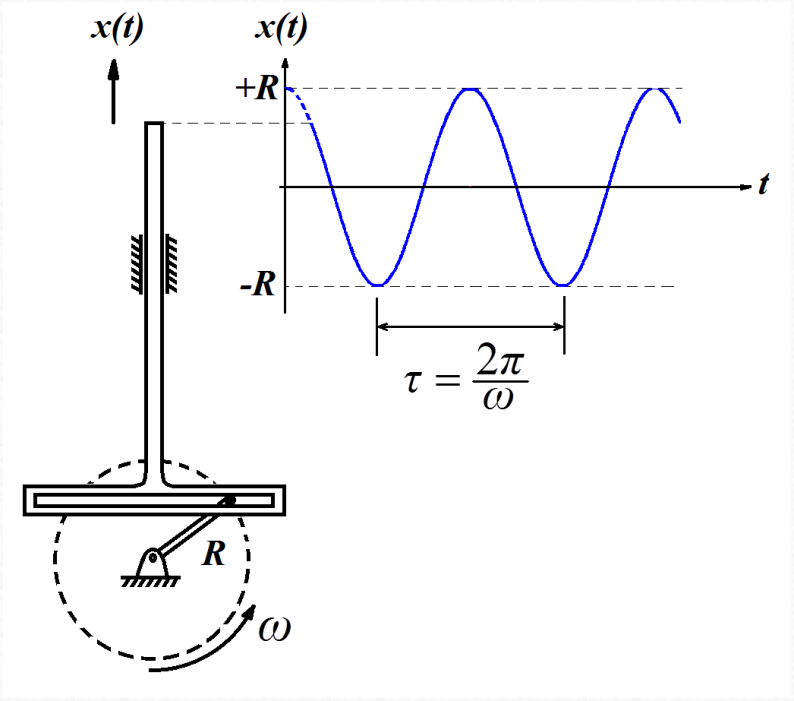
فصل اول: مقدمه

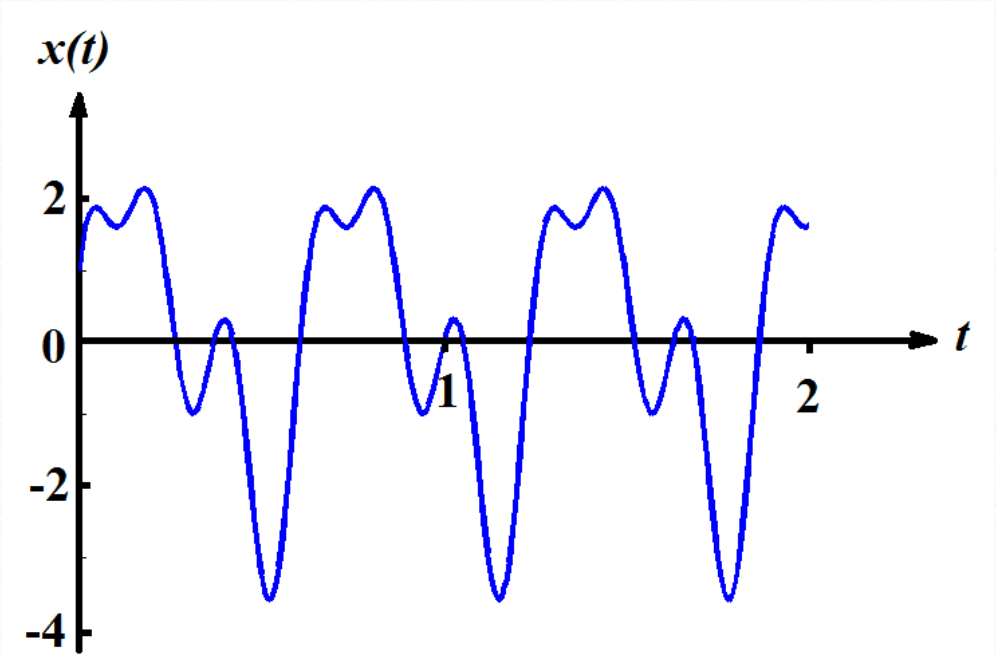
ارائه دهنده: دکتر سیروان فرهادی

فهرست مطالب

- تعادل و ارتعاش
- ارتعاش مطلوب و ارتعاش نامطلوب
- حرکت هارمونیک و حرکت پریودیک
- ارتعاش آزاد و ارتعاش واداشته
- ارتعاشات خطی و ارتعاشات غیرخطی
- ارتعاشات قطعی و ارتعاشات تصادفی

تعادل و ارتعاش





ارتعاشات مفید؟

ارتعاشات مفید؟

- صدا
- اندازه‌گیری زمان
- برش و حفاری
- ماساژ و فیزوتراپی
- هم زدن و ترکیب مواد
- جذب و میرا کردن انرژی ضربه

ارتعاشات غیرمفید؟

ارتعاشات غیرمفید؟

ارتعاشات غیر مفید؟

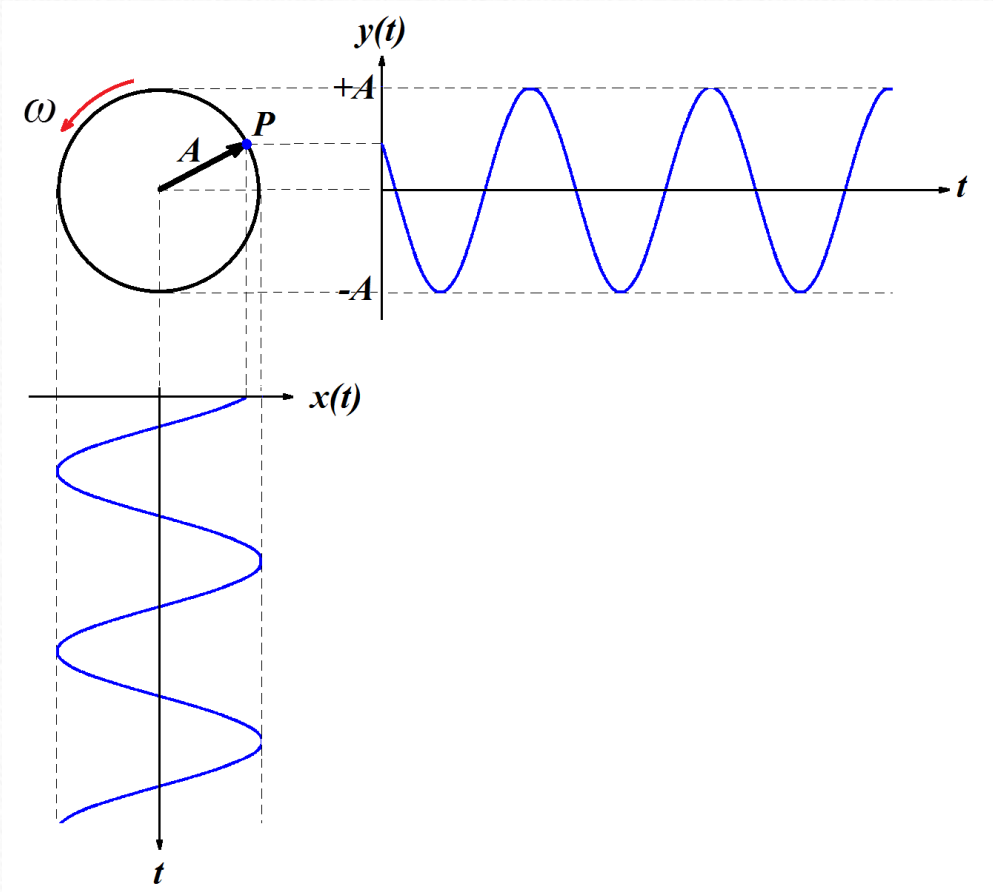
- سر و صدا و نویز
- ارتعاش خودرو
- فرسودگی ماشین آلات صنعتی
- اختلال در اندازه‌گیری و کنترل

تعاریف اولیه

حرکت هارمونیک و حرکت پریودیک

- ساده ترین حرکت نوسانی، حرکت هارمونیک (هماهنگ) است که میتوان آن را به شکل یک موج سینوسی در طول زمان تعریف کرد:

$$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$$


y(t)
+A
-A
ω
P
A
t
x(t)
t

دوره تناوب:

$$\tau = \frac{۲\pi}{\omega}$$

فرکانس:

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

فرکانس زاویه ای:

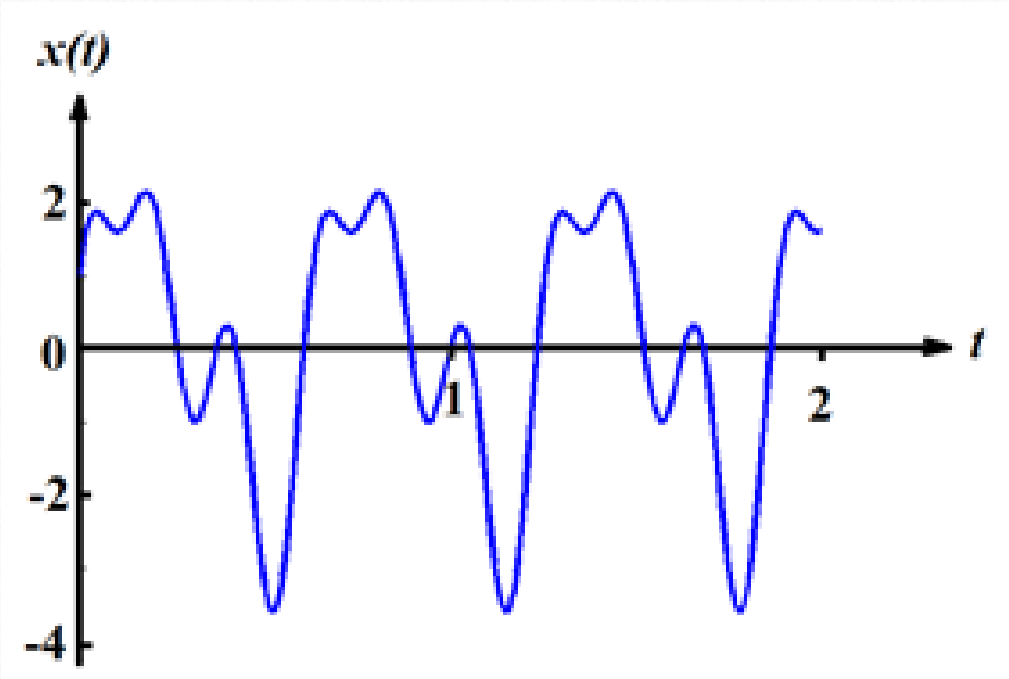
$$\omega = ۲\pi f$$

- اگر یک ذره دارای حرکت هارمونیک باشد، سرعت و شتاب حرکت آن نیز هارمونیک خواهند بود:

$$\dot{x}(t) = A\,\omega\cos(\omega t + \varphi) = A\,\omega\sin(\omega t + \varphi + \pi/۲)$$

$$\ddot{x}(t) = -A\omega^{۲}\sin(\omega t + \varphi) = A\,\omega^{۲}\sin(\omega t + \varphi + \pi)$$

- هر حرکت نوسانی که به صورت منظم انجام شود و در بازه های زمانی مشخص تکرار شود، حرکت پریودیک (متناوب) نامیده می شود.



- فوریه ریاضیدان فرانسوی (۱۷۶۰-۱۸۳۰) نشان داد که هر تابع متناوب را می توان به صورت حاصل جمعی از یک مقدار ثابت (که برابر مقدار متوسط آن است) و یک سری از توابع سینوسی و کوسینوسی نشان داد که دارای ارتباط منظمی هستند.

- اگر $x(t)$ یک تابع متناوب با دوره تناوب τ باشد، می توان نشان داد:

$$x(t) = a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cos(\omega_i t) + \sum_{j=1}^{\infty} b_j \sin(\omega_j t)$$

که در آن

$$\omega_n = n\,\omega_1, \qquad \omega_1 = \frac{2\pi}{\tau}$$

و

$$a_0 = \frac{1}{\tau}\int_0^{\tau} x(t)\,dt$$

$$a_n = \frac{2}{\tau}\int_0^{\tau} x(t)\cos(\omega_n t)\,dt, \qquad n = 1, 2, \ldots$$

$$b_n = \frac{2}{\tau}\int_0^{\tau} x(t)\sin(\omega_n t)\,dt, \qquad n = 1, 2, \ldots$$

ارتعاش آزاد و ارتعاش واداشته

- اگر یک سیستم تنها تحت تأثیر نیروهای داخلی خود و در غیاب نیروهای خارجی ارتعاش نماید، ارتعاش آن را ارتعاش آزاد می نامیم.
- برای شروع ارتعاش معمولاً یک تحریک اولیه جهت خروج از حالت تعادل لازم است.
- هنگامی که یک سیستم دچار ارتعاش آزاد می شود، معمولاً با فرکانس های مشخصی نوسان می کند که فرکانس‌های طبیعی سیستم نامیده می¬شوند.
- فرکانس های طبیعی سیستم تابعی از خصوصیات ذاتی سیستم مانند جرم، سختی و ... هستند. به عنوان نمونه ارتعاش یک آونگ ساده از نوع ارتعاش آزاد است.

- اگر ارتعاش سیستم تحت تأثیر نیروهای خارجی باشد، ارتعاش آن را ارتعاش واداشته یا اجباری می‌نامیم.
- اگر نیروهای خارجی دارای فرکانس تحریک مشخصی باشند، سیستم نیز معمولاً با همان فرکانس ارتعاش خواهد نمود.
- به عنوان مثال ارتعاشات یک پل که تحت تأثیر نیروی خودروهای عبوری یا به دلیل وزش باد صورت می گیرد، از نوع ارتعاش واداشته یا اجباری است.

ارتعاشات خطی و ارتعاشات غیرخطی

- اگر معادلات دیفرانسیلی که برای حرکت سیستم بدست می آیند به صورت خطی باشند، می توانیم برای بررسی ارتعاشات آن از اصل برهم نهی یا جمع آثار استفاده کنیم. در این صورت می گوییم سیستم دارای ارتعاشات خطی است.
- در چنین حالتی حل تحلیلی معادلات حرکت به صورت بسیار ساده تری انجام می¬شود و دانش گسترده ای در مورد این معادلات را در اختیار خواهیم داشت.

- هنگامی که دامنه ارتعاش سیستم کوچک است، رفتار ارتعاشی آن را می توان با معادلات دیفرانسیل خطی نمایش داد و طیف وسیعی از سیستم ها در این تعریف می گنجند.
- اما اگر دامنه ارتعاشات سیستم بزرگ شود، رفتار آن را دیگر نمی توان با معادلات دیفرانسیل خطی نشان داد و وارد محدوده ی معادلات دیفرانسیل غیرخطی می شویم.
- برای این حالت، دیگر نمی توان از اصل برهم نهی استفاده کرد. در نتیجه حل تحلیلی این دسته از معادلات بسیار پیچیده است و دانش ریاضی کمتری در مورد آنها در دسترس ما وجود دارد.
- در این گونه از موارد سعی می شود با روش های مختلف بخشی از رفتار کلی سیستم را درک نمود.

ارتعاشات قطعی و ارتعاشات تصادفی

- اگر نیروهای وارد بر سیستم در هر لحظه از زمان مشخص باشند، می توان ارتعاشات آن را به صورت قطعی تعیین کرد.
- در این حالت تحریک اعمال شده به سیستم از نوع قطعی یا منظم و ارتعاشات ناشی از آن را ارتعاشات قطعی یا منظم می نامند.
- اما اگر نیروهای وارد بر سیستم در طول زمان و به صورت تصادفی تغییر نمایند، ارتعاشات ناشی از آن نیز به صورت تصادفی خواهد بود. در این حالت ارتعاشات سیستم را نامنظم و یا تصادفی می نامند.

- بسیاری از اوقات نیروهای وارد بر یک جسم و یا سازه ناشی از منابعی مانند باد و زلزله هستند که اندازه آنها برای ما ناشناخته است و در گذر زمان به صورت تصادفی تغییر می نمایند.
- در این صورت برای شناخت ارتعاشات ناشی از آنها، ناچار به استفاده از روش های آماری هستیم و تنها می توانیم کمیت هایی مانند دامنه میانگین نوسان، فرکانس میانگین نوسان و ... را تخمین بزنیم.

یک تاریخچه زمانی از یک سیستم در ارتعاشات تصادفی

موضوع این دوره

- در این دوره مسائل پیچیده‌ی علم ارتعاشات و روش‌های مربوط به آن که معمولاً در مقاطع بالاتر مورد بررسی قرار می گیرند، مورد بحث قرار نمی گیرند و تنها ارتعاشات منظم سیستم‌های خطی در دو حالت آزاد و اجباری بررسی می شوند.