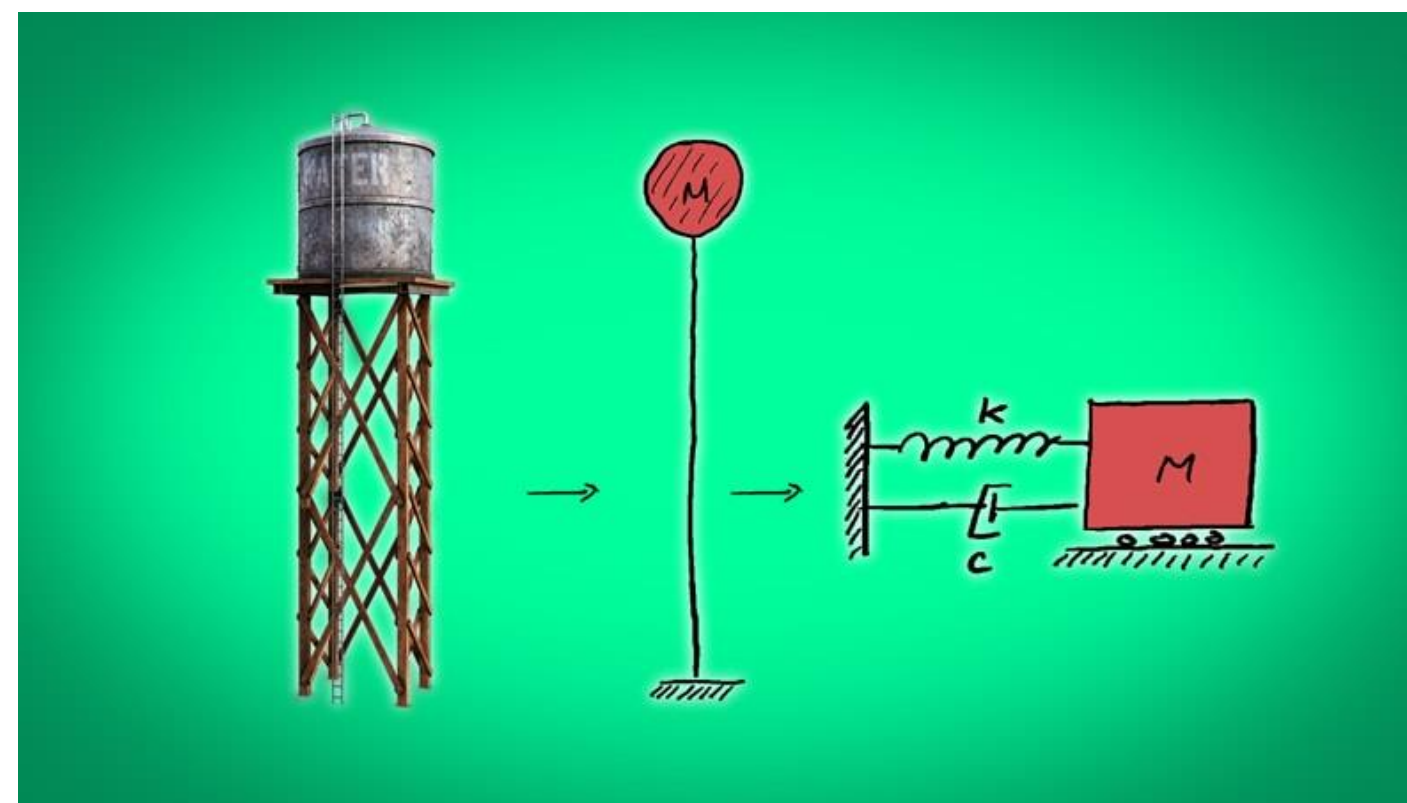
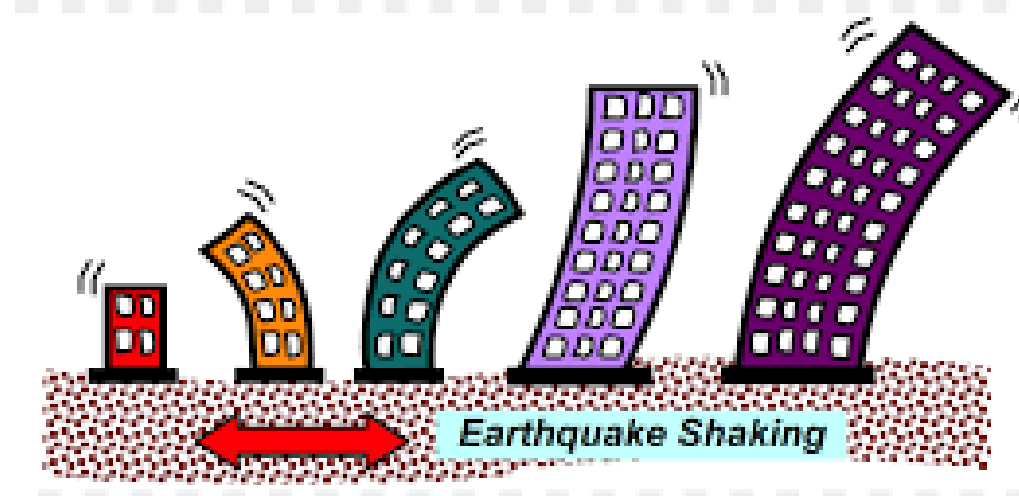


Dinamika konstrukcija

Sveučilišni diplomski studij

Svi smjerovi

Vibration of buildings



Ciljevi predmeta

Ovaj predmet ima za cilj pružiti studentima znanja iz dinamike konstrukcija, s posebnim naglaskom na konstrukcije zgrada i mostova.

Teme uključuju sustave s jednim stupnjem slobode (SDOF), odziv na harmonijsko opterećenje, odgovor na impulzivno prolazno opterećenje, numeričku integraciju, krutost elemenata, masu i matrice prigušenja, sustave s više stupnjeva slobode (MDOF), klasično i neklasično prigušenje, probleme vlastitih vrijednosti, modalnu analizu i identifikaciju sustava.

Ciljevi učenja

Proučavanje metoda za analizu konstrukcija podvrgnutih bilo kojoj vrsti dinamičke uzbude i proračun veličina kao što su pomaci, sile, naprezanja itd.

Razumijevanje analitičkih metoda i postupaka na način koji naglašava fizički uvid.

Sposobnost primjene teorije dinamike konstrukcija na realne probleme kao što su seizmička analiza i projektiranje konstrukcija.

Na kraju ovog kolegija student bi trebao poznavati :

- ✓ osnove teorije dinamičke jednačbe ravnoteže
- ✓ osnovne analitičke metode dinamičkih sustava
- ✓ dinamička svojstva i ponašanje građevinskih konstrukcija
- ✓ mogućnosti modeliranja dinamičkog odziva s primjenom u građevinarstvu.

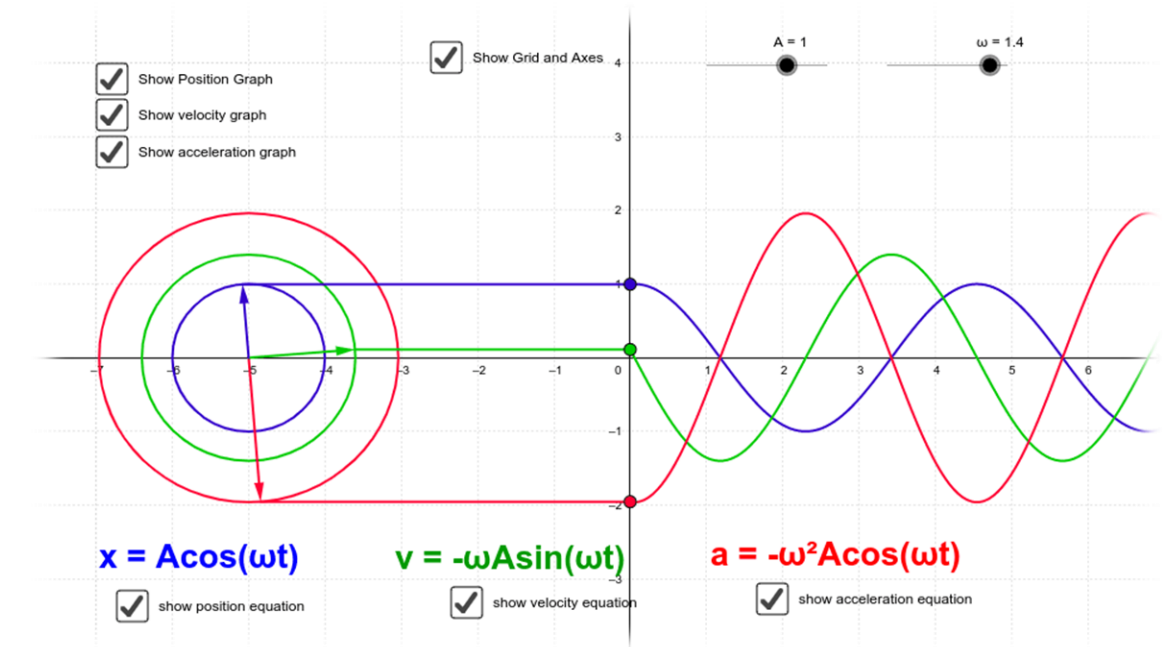
Po završetku ovog predmeta studenti će moći:

- ✓ primijeniti znanja iz matematike, fizike i inženjerstva razvijanjem jednačbi gibanja za vibracijske sustave i rješavanjem slobodnog i prisilnog odgovora;
- ✓ izraditi jednostavne računalne modele građevinskih konstrukcija koristeći znanja dinamike konstrukcija;
- ✓ interpretirati rezultate dinamičke analize u svrhu projektiranja, analize i istraživanja;
- ✓ primijeniti teoriju dinamike konstrukcija u analizu potresa (odziv i projektiranje).

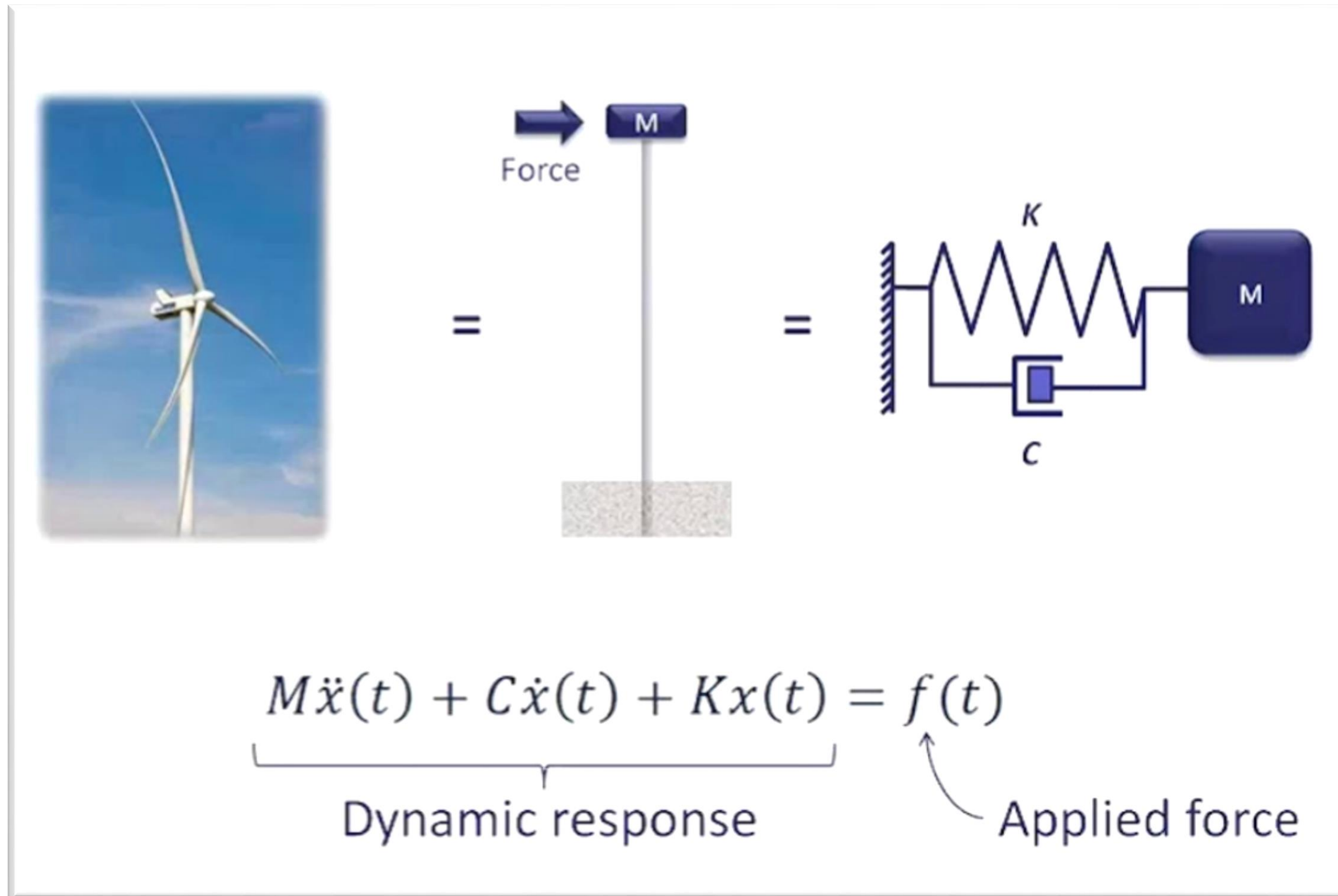
Sadržaj predmeta

U kolegiju se obrađuju slijedeće teme:

- ✓ Sustav s jednim stupnjem slobode, SDOF.
- ✓ Odziv na dinamička opterećenja superpozicijom u vremenskoj i frekvencijskoj domeni.
- ✓ Vremenska integracija.
- ✓ Opći sustavi s jednim stupnjem slobode, dinamički odziv dobiven modalnom superpozicijom.
- ✓ Mehanizmi prigušenja i pripadajući modeli.
- ✓ Jednažba dinamičkog gibanja u matričnom obliku.
- ✓ Numeričko rješenje problema slobodnih vibracija.
- ✓ Direktno rješenje jednažbe gibanja u vremenskoj i frekvencijskoj domeni.
- ✓ Proračun odziva konstrukcija na specifična dinamika opterećenja poput vjetera i potresa.

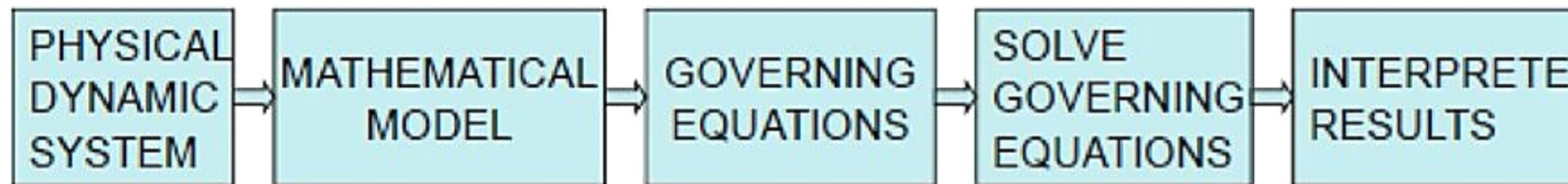


Primjer vjetroturbine – dinamička ravnoteža

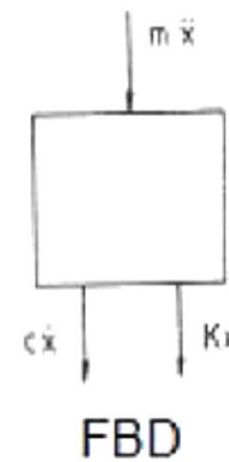
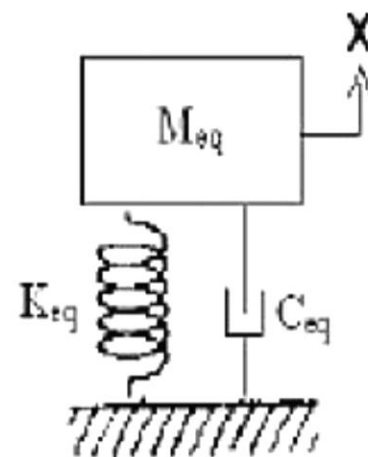
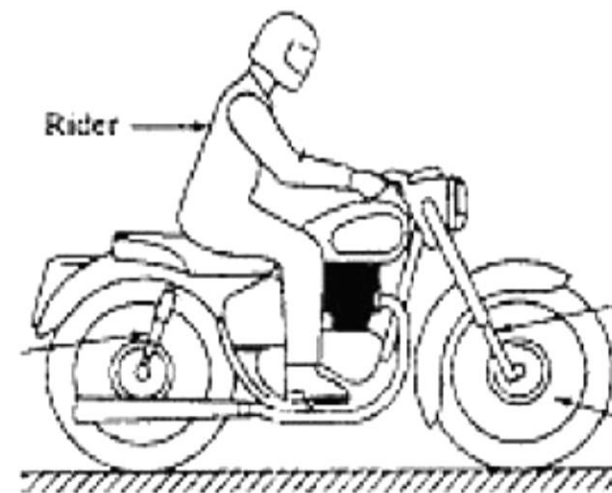


Primjer motocikla u pokretu – dinamička ravnoteža

Vibration Analysis:



Example:



$$M_{eq}\ddot{x} + C_{eq}\dot{x} + K_{eq}x = 0$$

Frekvencija oko nas

Frekvencija je mjera učestalosti vibracija.

Hertz (Hz) je mjerna jedinica za frekvenciju i predstavlja broj ciklusa u sekundi:

→ frekvencija = # ciklusa u sekundi.

Definirajmo sada vlastitu (prirodnu) frekvenciju:

Vlastita frekvencija je frekvencija s kojom sustav slobodno vibrira nakon što je pokrenuto njegovo gibanje.

Ovisi o krutosti i masi sustava.

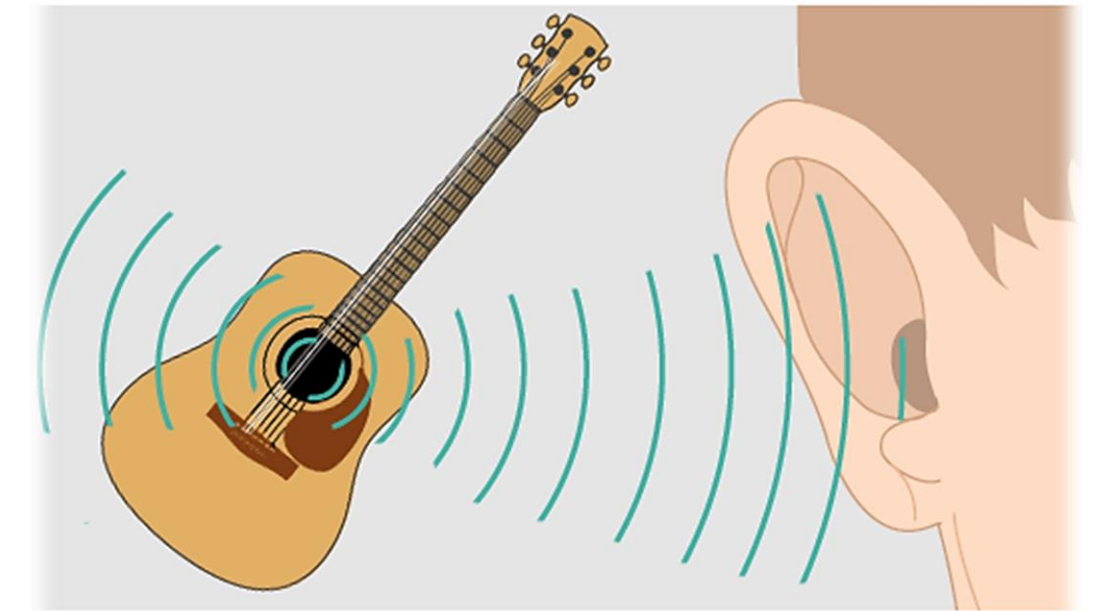
Period vibracija je vrijeme potrebno da se izvede jedan puni ciklus.

"If you want to understand the Universe, think of Energy, Frequency, and Vibration."

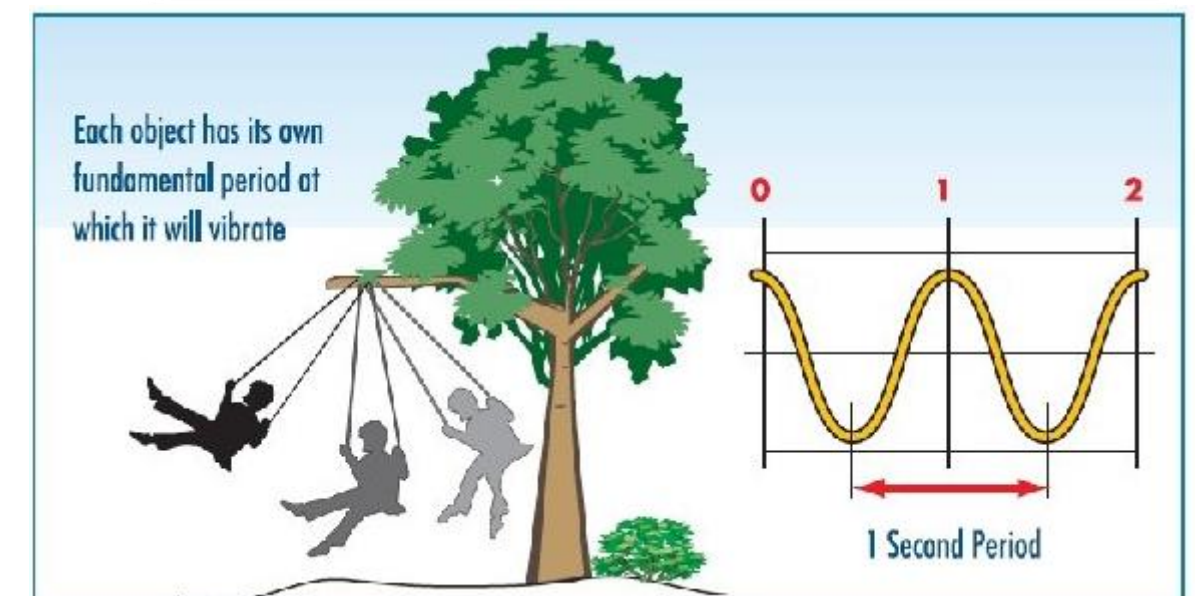
- Nikola Tesla



The sounds of music



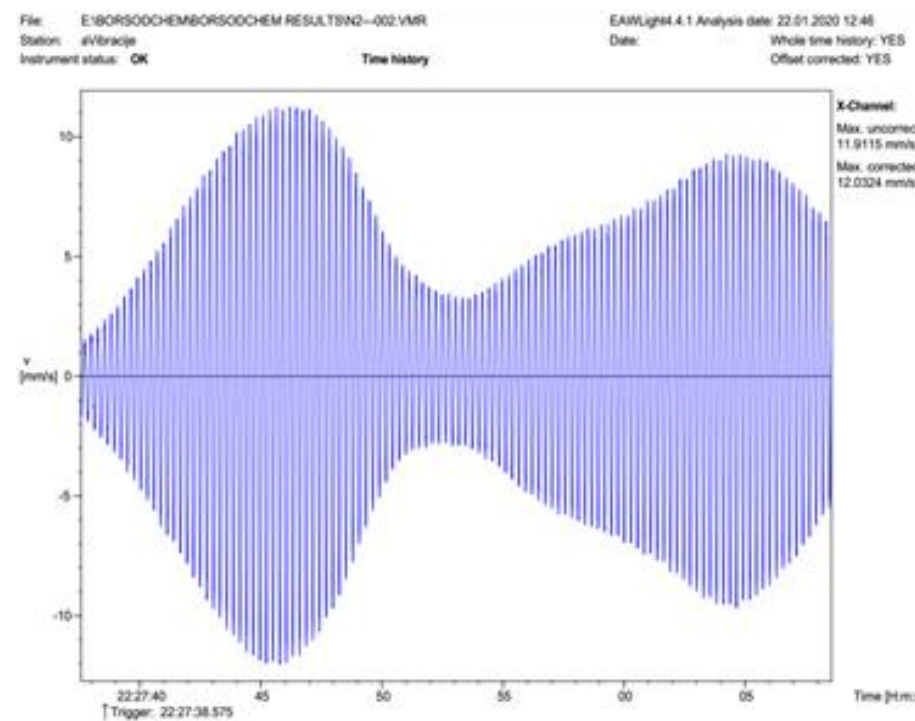
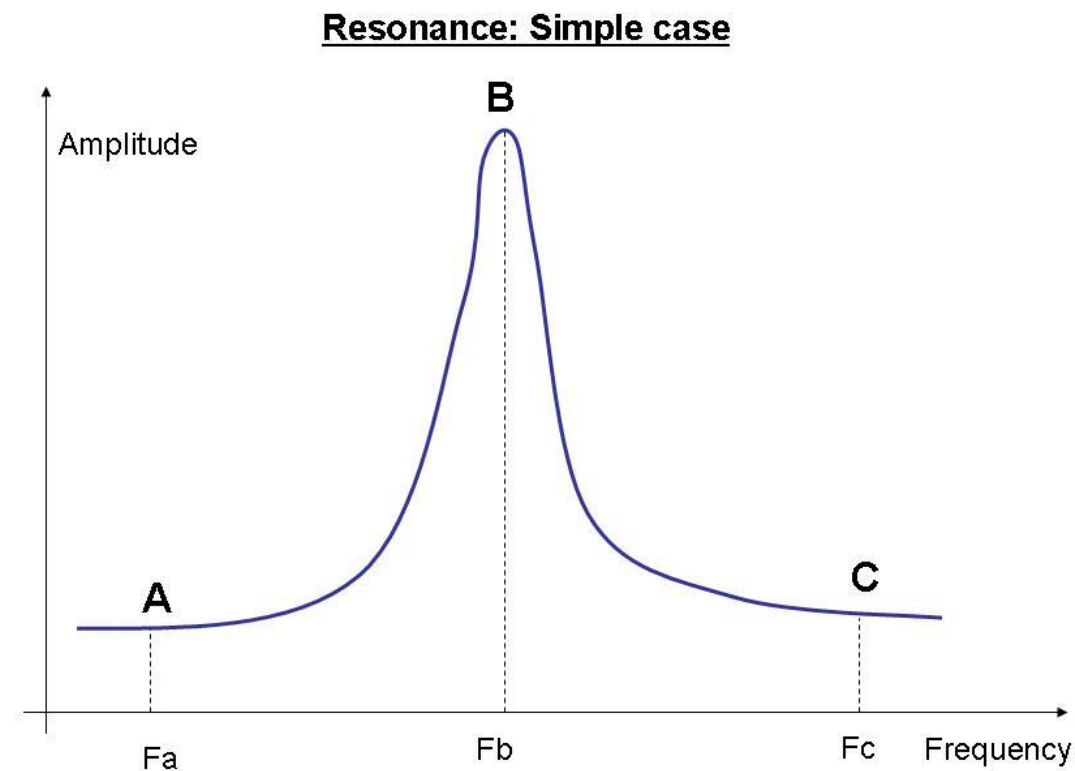
Instruments make the air around them vibrate at different rates depending upon the note being played. That air pushes on the air around it at the same rate (110 times every second for an A string), which then pushes on the air around it. Within microseconds, that wave of movement reaches your ear, making the air in there push on your eardrum 110 times per second, and your brain hears a low-pitched note called A (110 Hz).



Frekvencija oko nas

Rezonancija

Rezonancija se javlja kada se prisilne vibracije koje djeluju na konstrukciju podudare s njenom vlastitom frekvencijom.

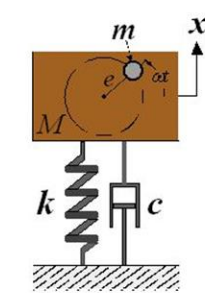


Resonance

- A vibration of large amplitude
- Occurs when an object is forced near its natural frequency



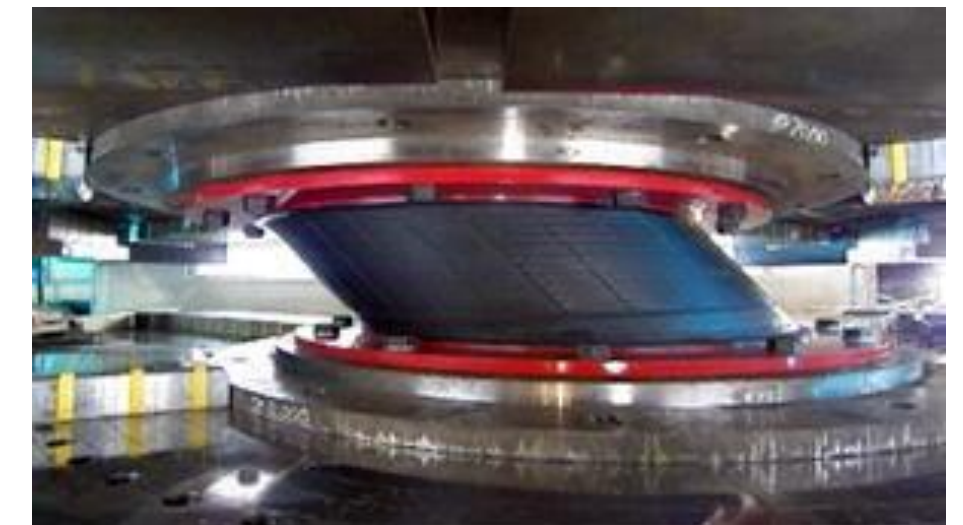
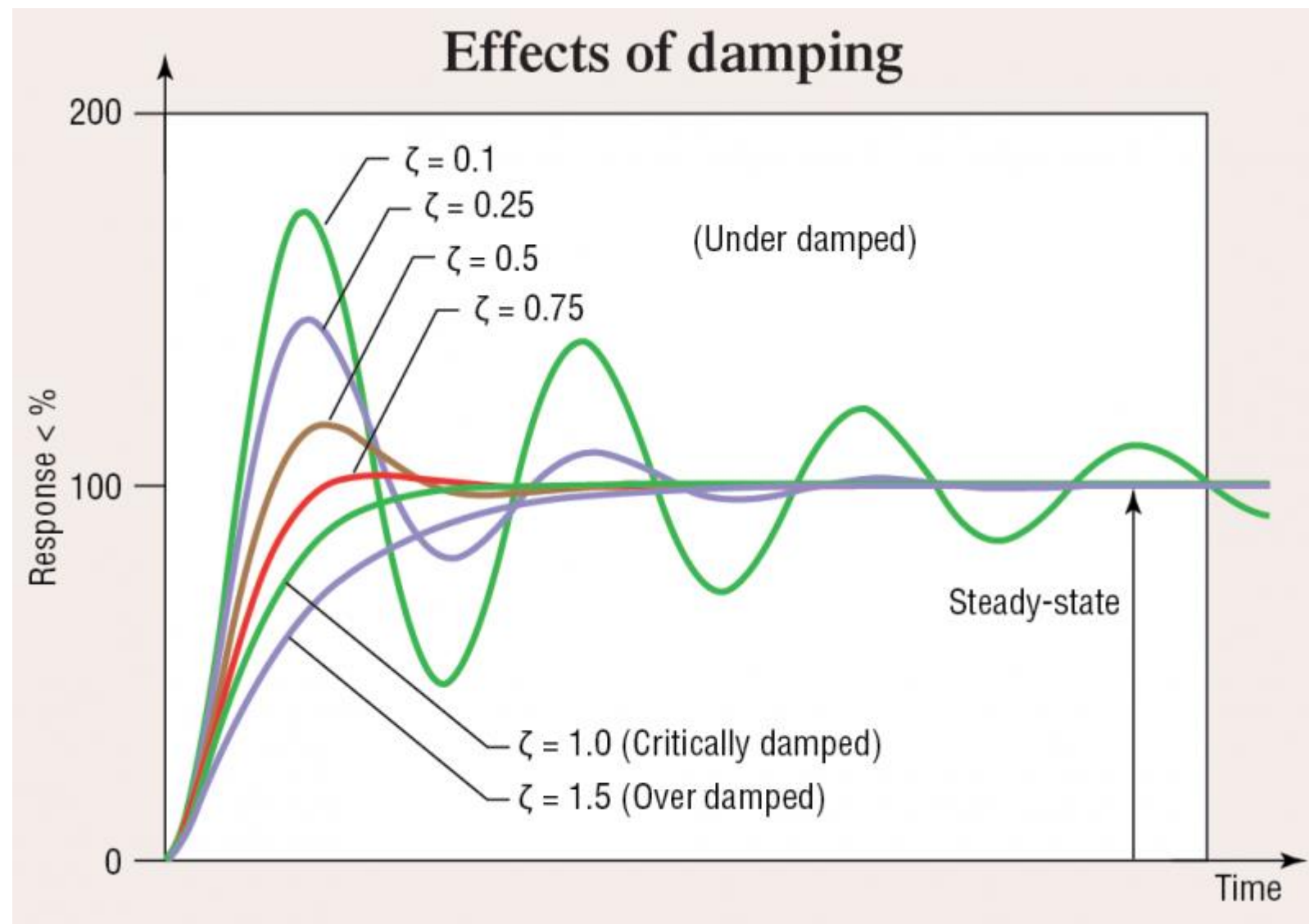
Object



Model

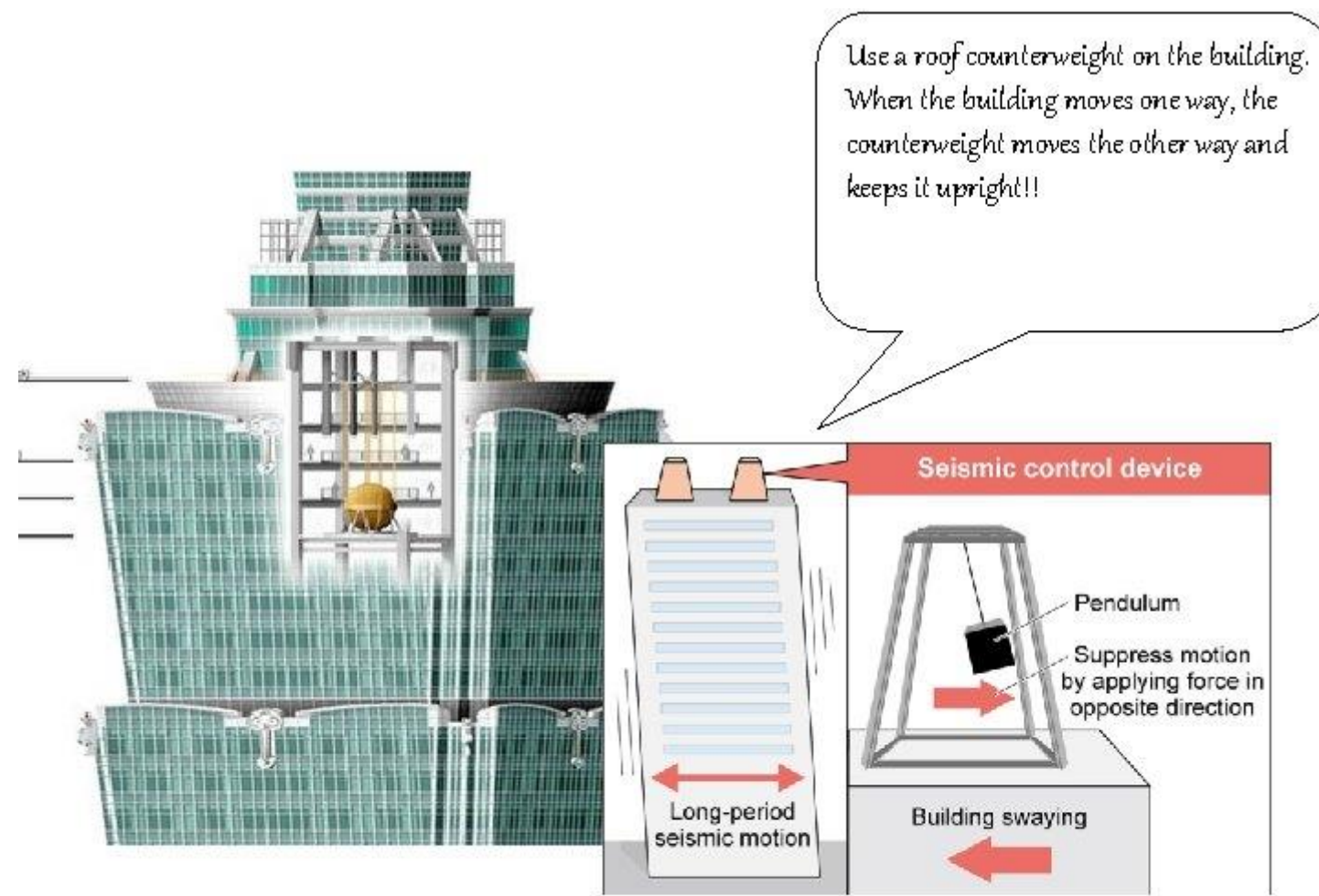
Prigušenje

Prigušenje je, u fizici, **sputavanje vibracijskog gibanja**, poput mehaničkih vibracija, šumova izmjenične električne struje, mehanizmom disipacije (trošenja) energije.



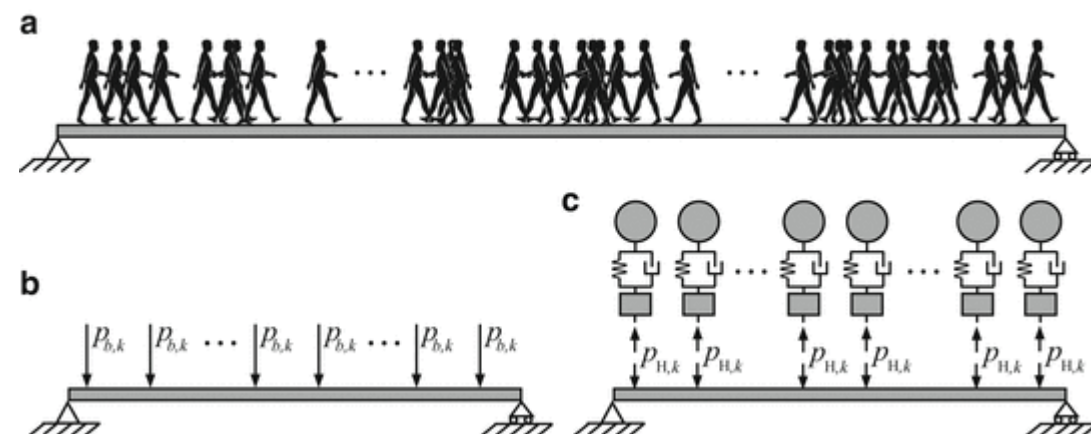
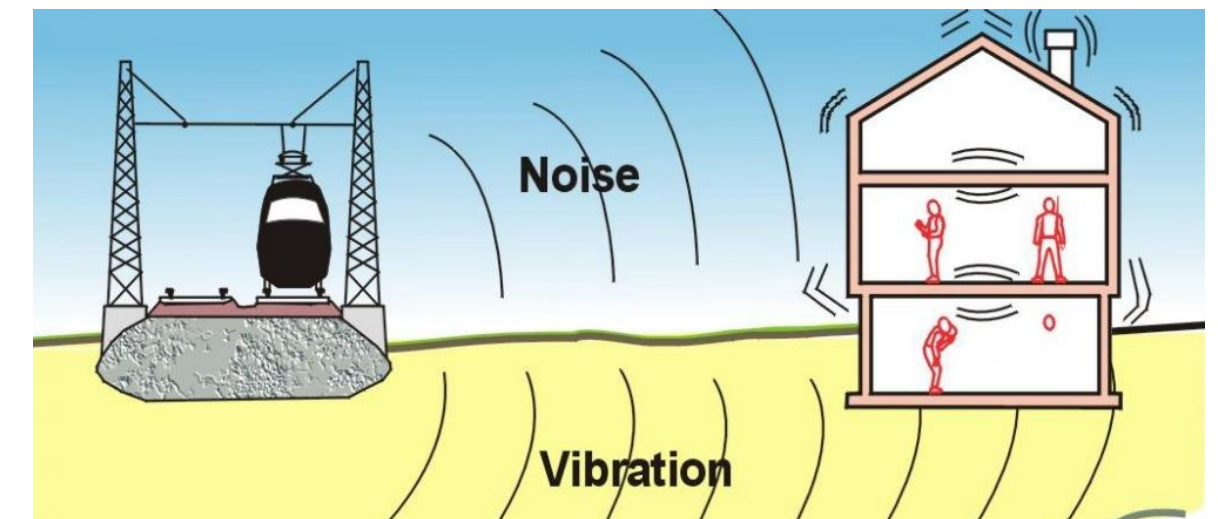
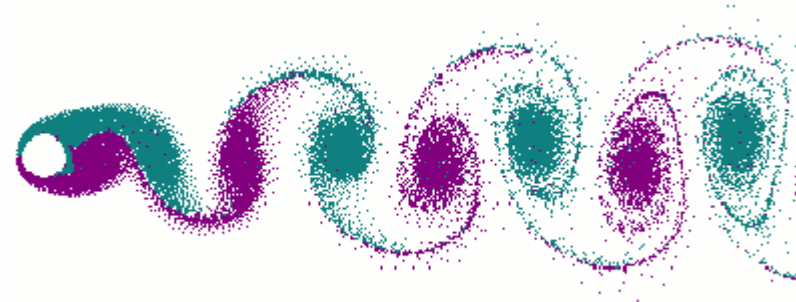
Podešavajuće prigušivanje mase (Tuned mass damping)

Podešivač priguivanja mase (TMD), poznat i kao harmonijski prigušivač ili seizmički prigušivač je uređaj montiran na konstrukciju s ciljem smanjivanja mehaničkih vibracija.



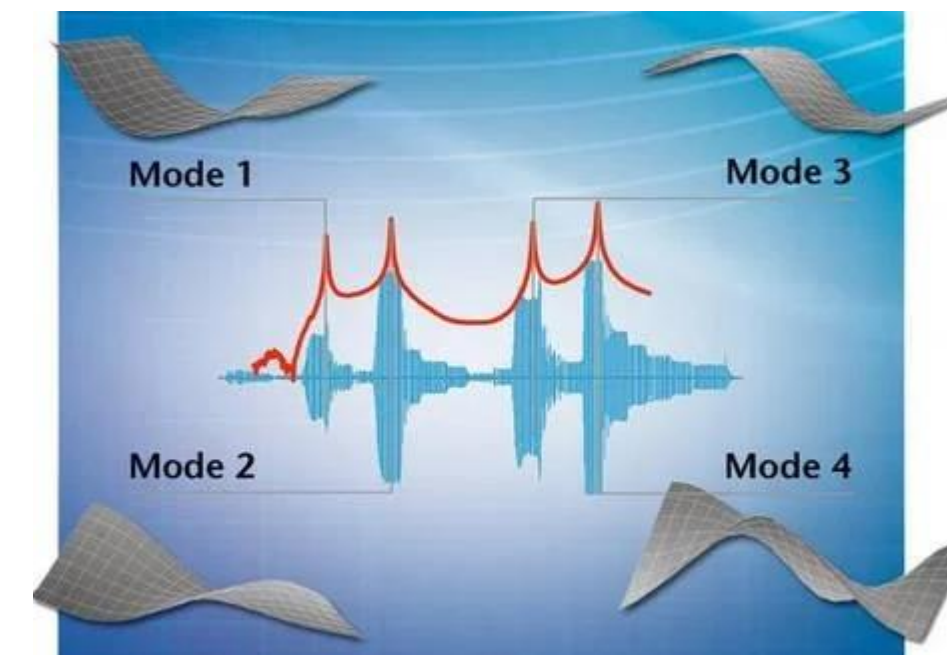
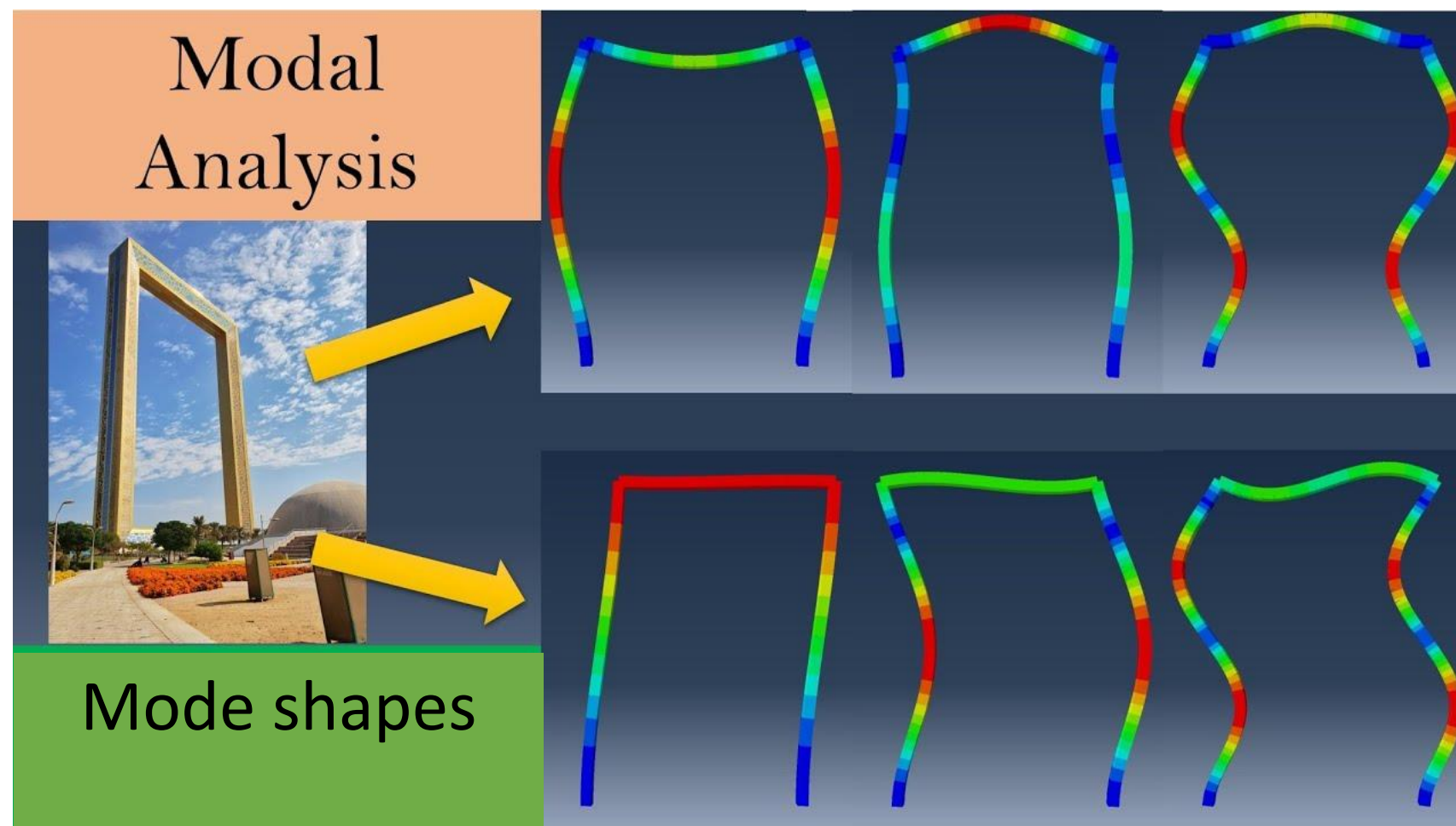
Izvori vibracija

- ✓ Vibracije uslijed potresa.
- ✓ Vibracije izazvane prometom i građevinskim radovima.
- ✓ Vibracije izazvane radom strojeva.
- ✓ Vibracije djelovanjema vjetra.
- ✓ Vibracije uslijed ljudskih aktivnosti.



Modalna analiza

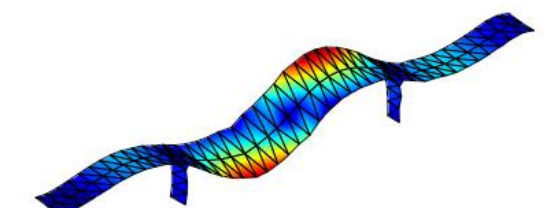
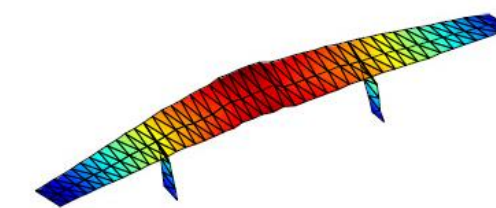
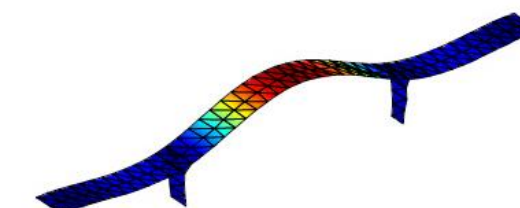
Modalna analiza je postupak određivanja vlastitih dinamičkih svojstava konstrukcijskih sustava u obliku vlastitih frekvencija, koeficijenata prigušenja i vlastitih oblika, pri čemu se oni koriste u formulaciji matematičkog modela koji opisuje dinamičko ponašanje.



mode 1 - 3.86Hz - 0.8%

mode 2 - 4.90Hz - 1.4%

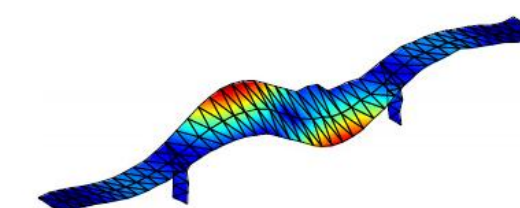
mode 3 - 9.76Hz - 1.4%

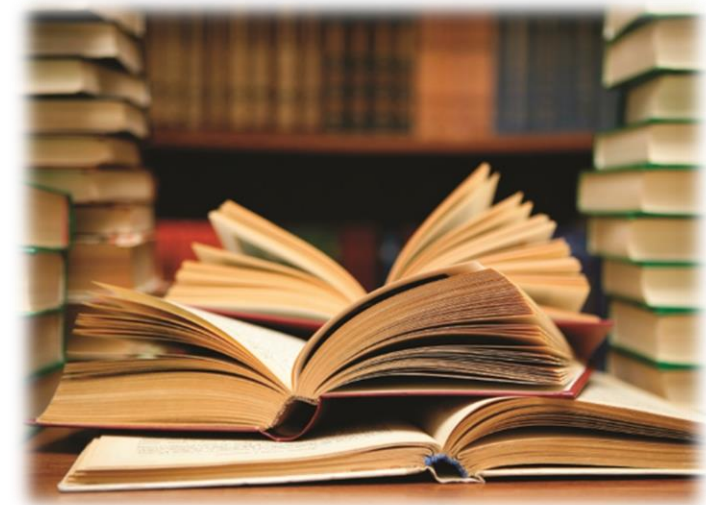


mode 4 - 10.30Hz - 1.3%

mode 5 - 12.42Hz - 2.8%

mode 6 - 13.22Hz - 3.4%





OSNOVNA LITERATURA

1. **Chopra, A.K.:** *Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Prentice Hall, New Jersey, USA, 2001.
2. **Čaušević, M.:** *Dinamika konstrukcija (Potresno inženjerstvo, Aerodinamika, Konstrukcijske norme)*, Golden marketing, Tehnička knjiga, Zagreb, 2010.
3. **Čaušević, M.:** *Dinamika konstrukcija, Udžbenici Sveučilišta u Rijeci, Školska knjiga, Zagreb, 2005.*

DODATNA LITERATURA

1. **Tedesco, J.W; McDougal, W.G; Ross, C.A.:** *Structural Dynamics, Theory and Applications*, Addison-Wesley Longman, California, USA, 1999..
2. **Paz, M.:** *Structural Dynamics, Theory and Computation*, Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 1980.
3. **Eduardo Kausel.,** *Advanced Structural Dynamics*, Cambridge University Press, 2017.