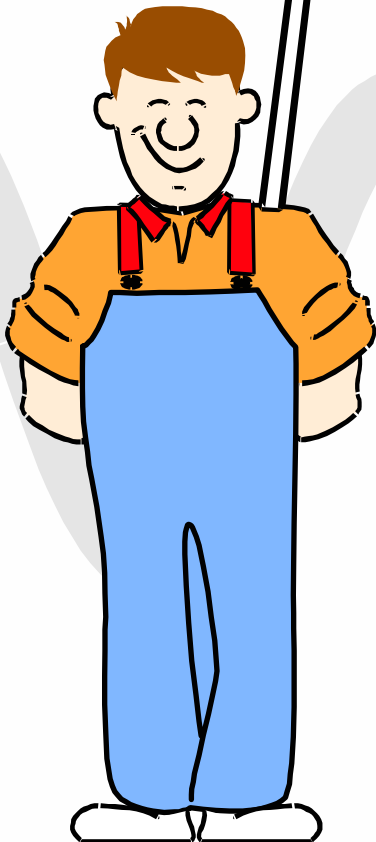


Vibrace a rázy Úvod do problematiky



Principy měření vibrací

- Vibrační teorie a parametry
- Rázy
- Posuzování - hodnocení vibrací
 - Typy signálů
 - Parametry měření signálů
 - Třídění informací

- Měřicí řetězec
 - Snímač
 - Předzesilovač - úprava signálu
 - Měření a analýza
 - Záznam informací

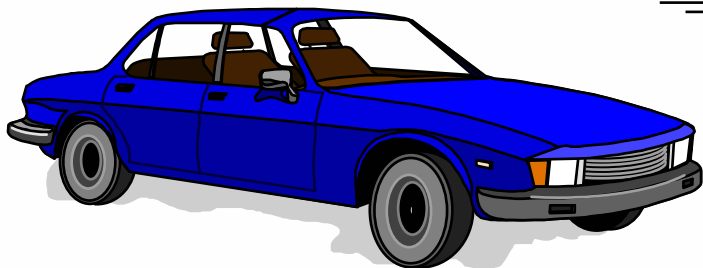
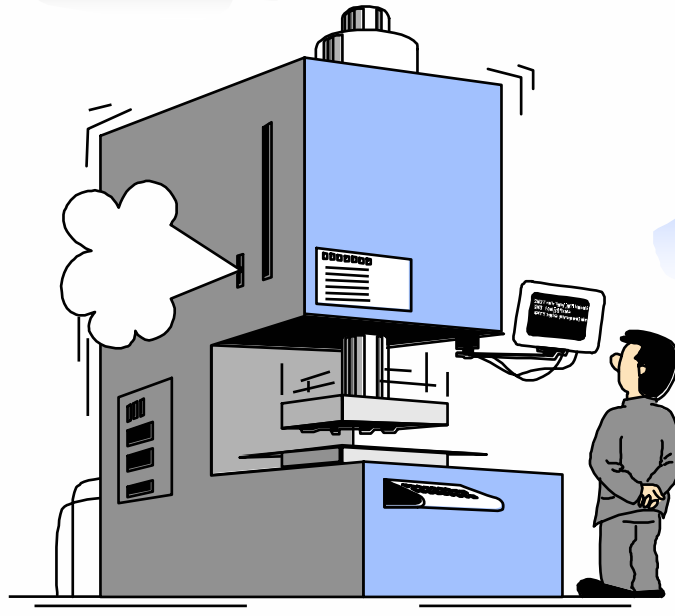
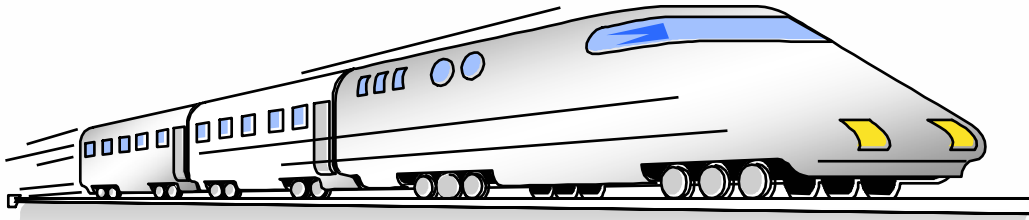
- Vybavení

Definice

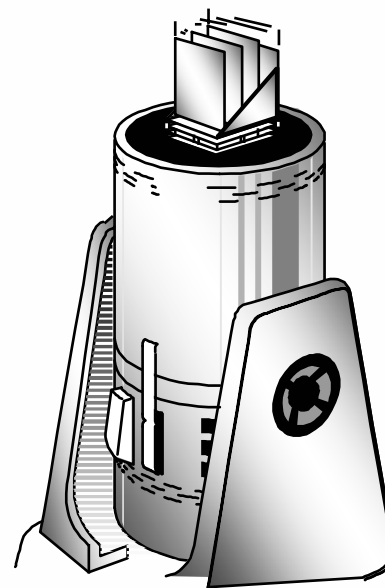
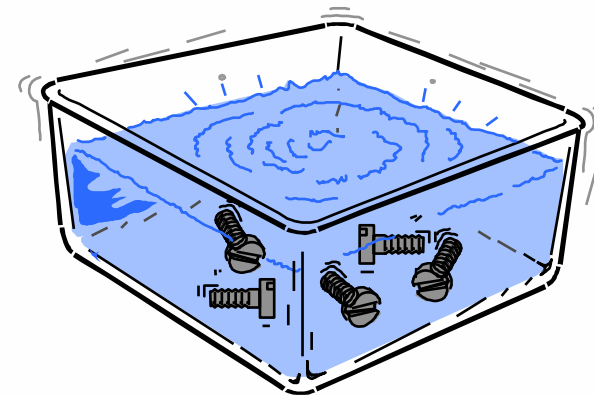
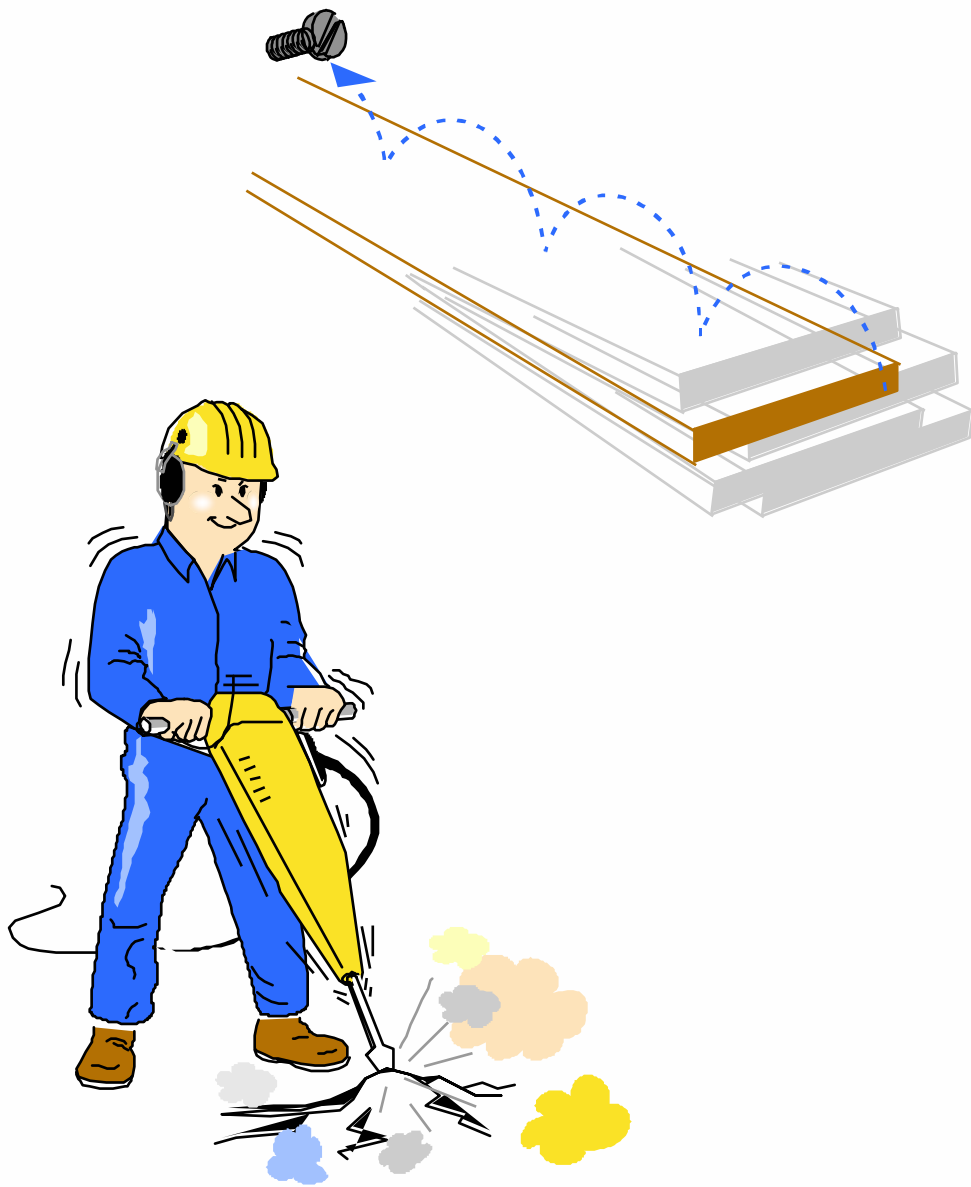
Vibrace jsou oscilace, kde kvantita (počet oscilací) je parametrem definujícím pohyb mechanického systému.

Oscilace je změna popsaná časem a amplitudou počtu - frekvence vztažená na referenci, kdy amplituda kolísá (je větší, či menší) kolem reference.

Vibrace v každodenním životě

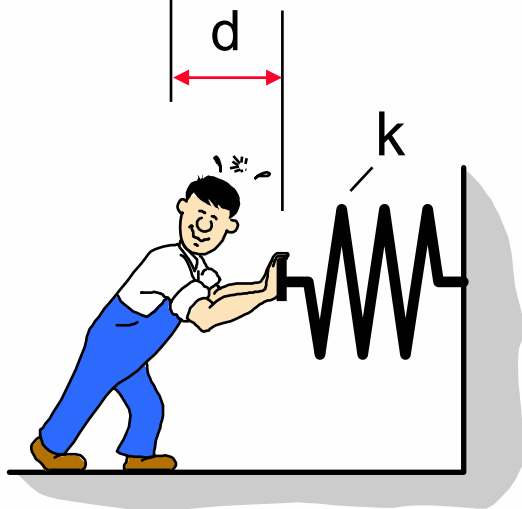
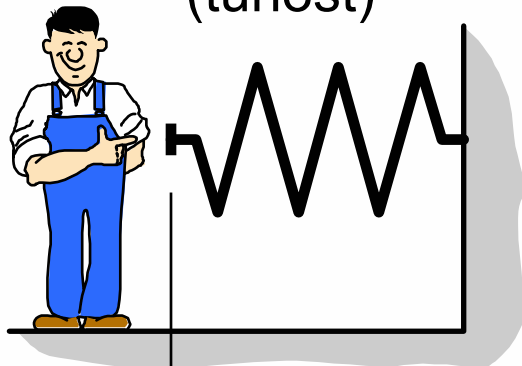


Užitečné vibrace



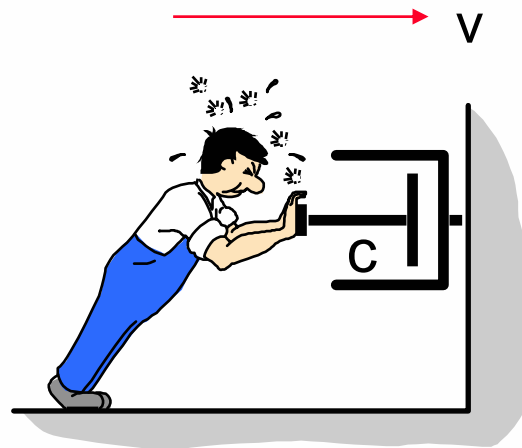
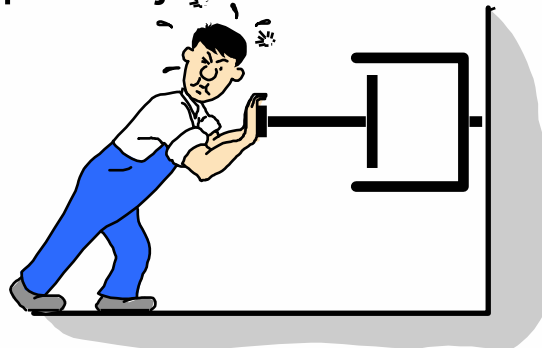
Mechanické parametry a složky

Výhybka
(tuhost)



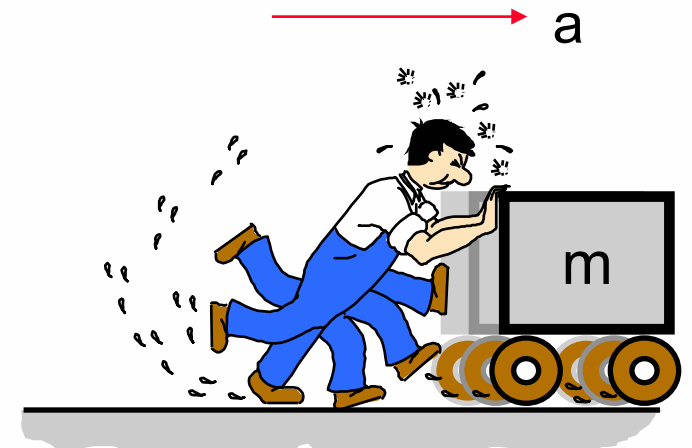
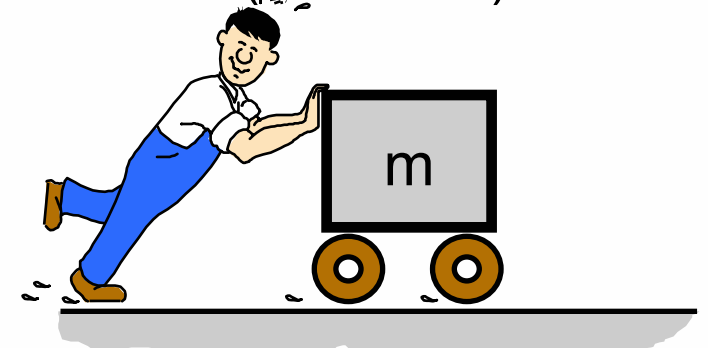
$$F = k \times d$$

Rychlost
(poddajnost - elasticita)



$$F = c \times v$$

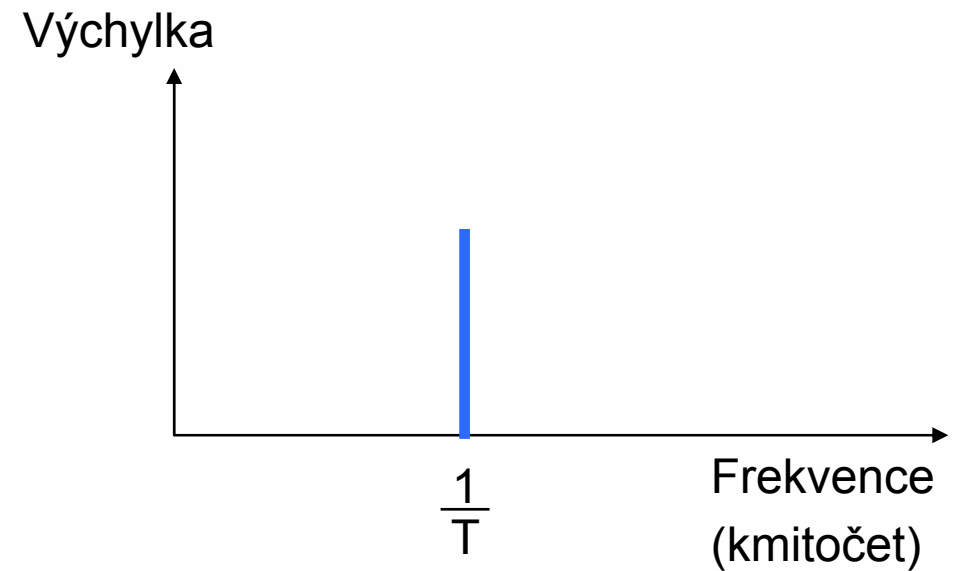
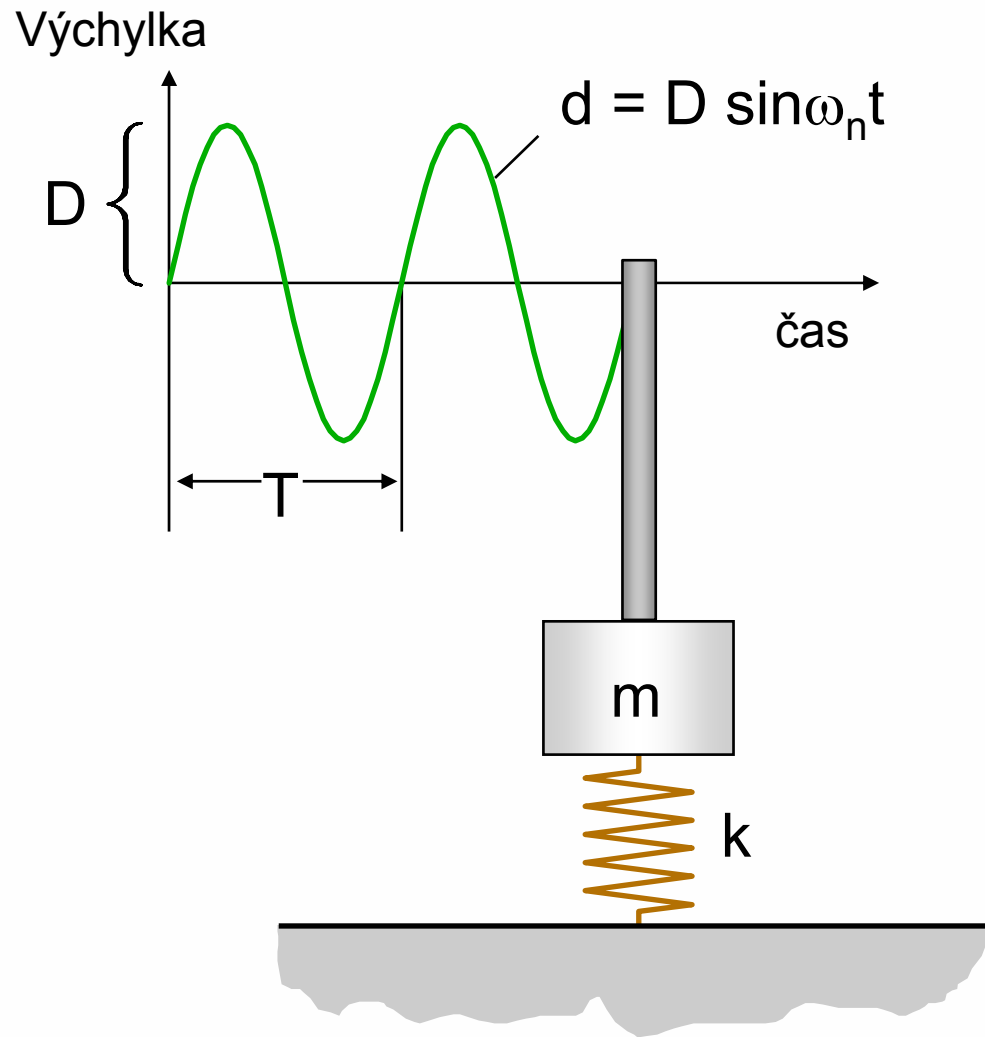
Zrychlení
(hmotnost)



$$F = m \times a$$

Mechanické systémy sestávají z pružin, tlumičů a hmot ...

Nejjednodušší forma vibrací...

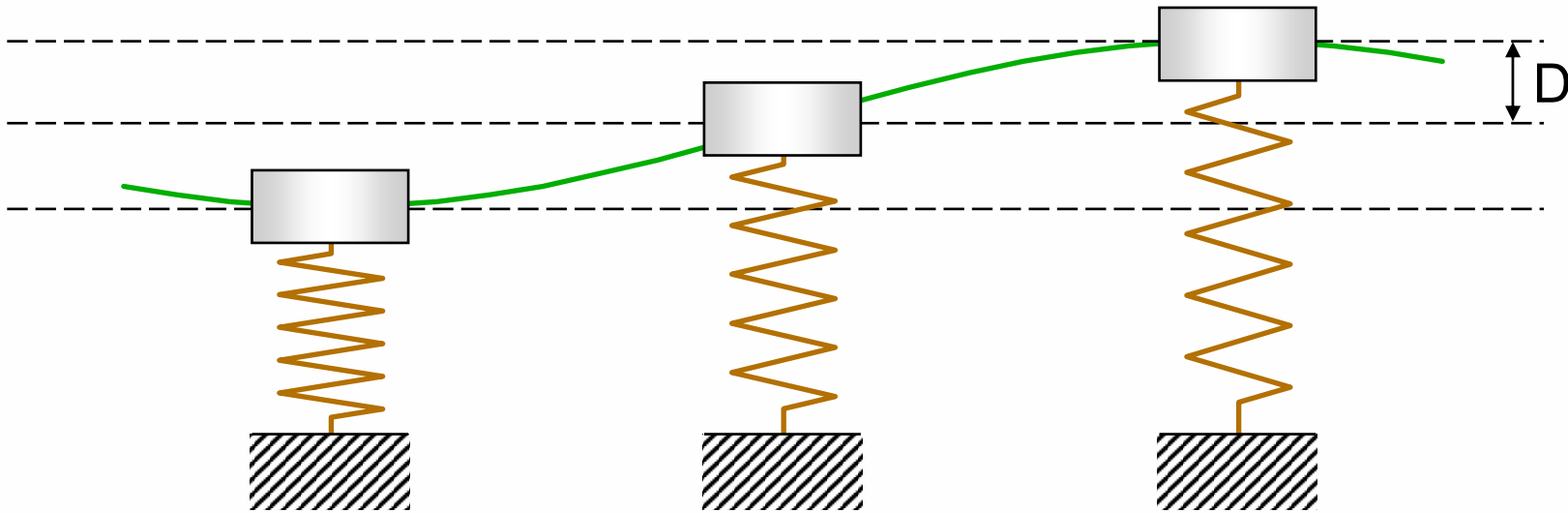


Perioda, T v [s]

Frekvence, $f = \frac{1}{T}$ v [Hz = 1/s]

$$\omega_n = 2 \pi f_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Volné vibrace



Přeměna - přenos energie mezi potenciální a kinetickou formou
(za předpokladu bez tlumení)

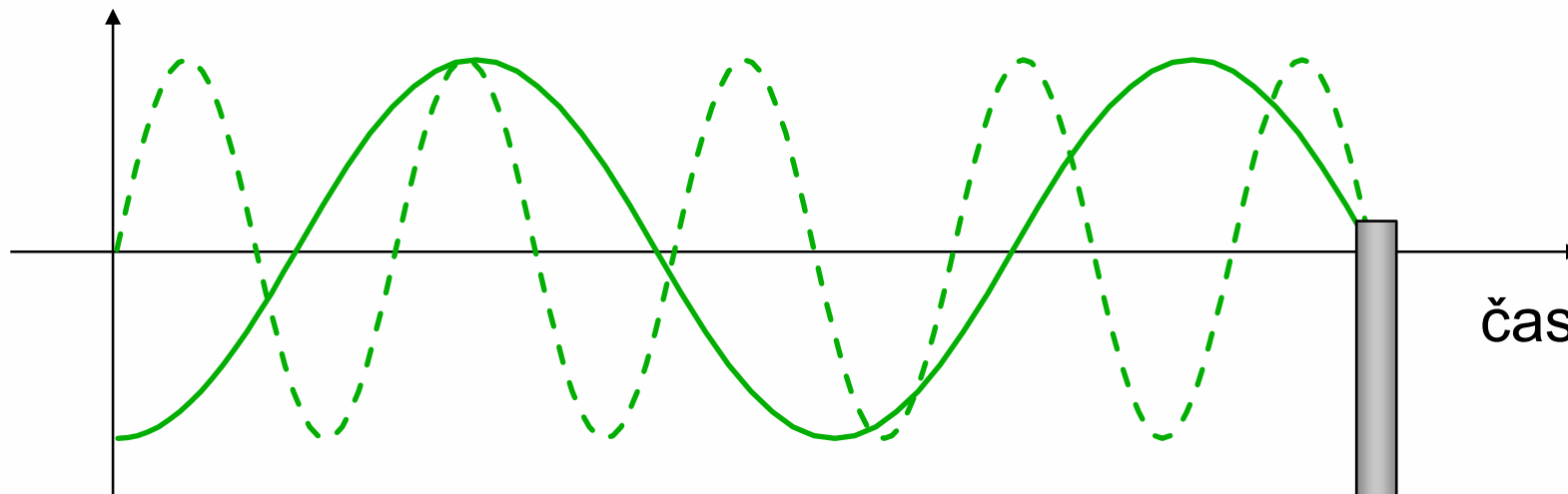
Δ kinetické energie = - Δ potenciální energie

$$\frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} k D^2, \text{ a } V = (2\pi f)D$$

$$\frac{1}{2} m (2\pi f)^2 D^2 = \frac{1}{2} k D^2$$

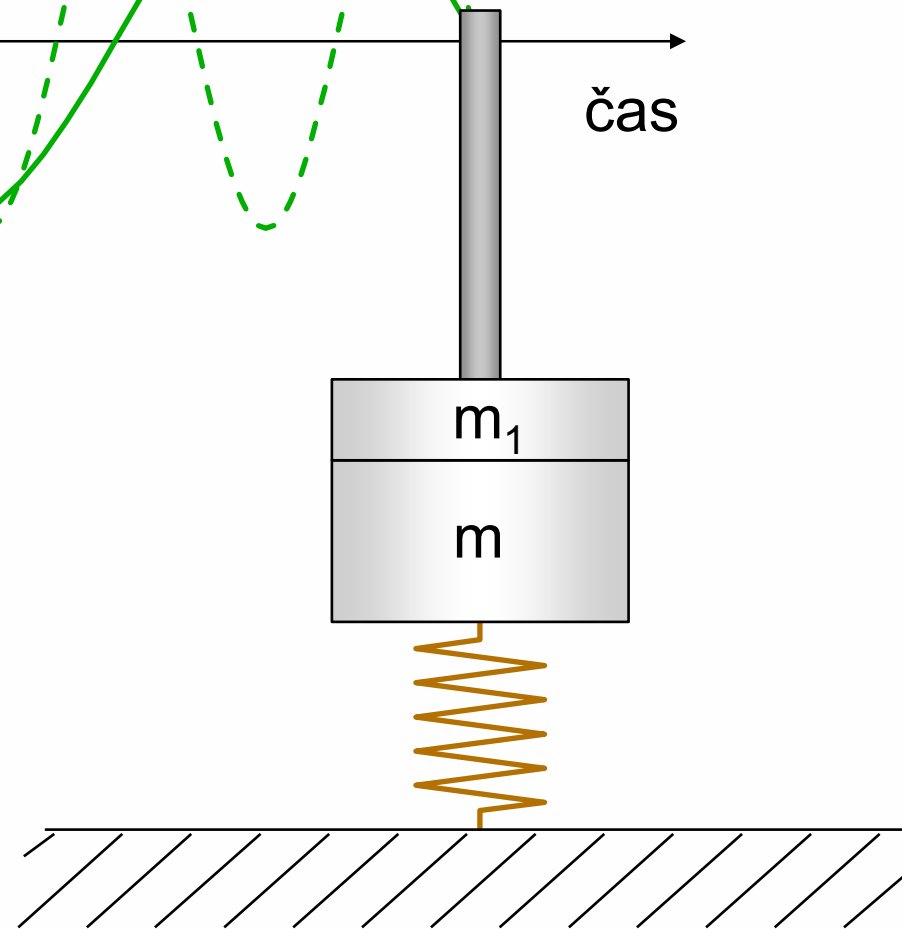
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Hmota a pružina

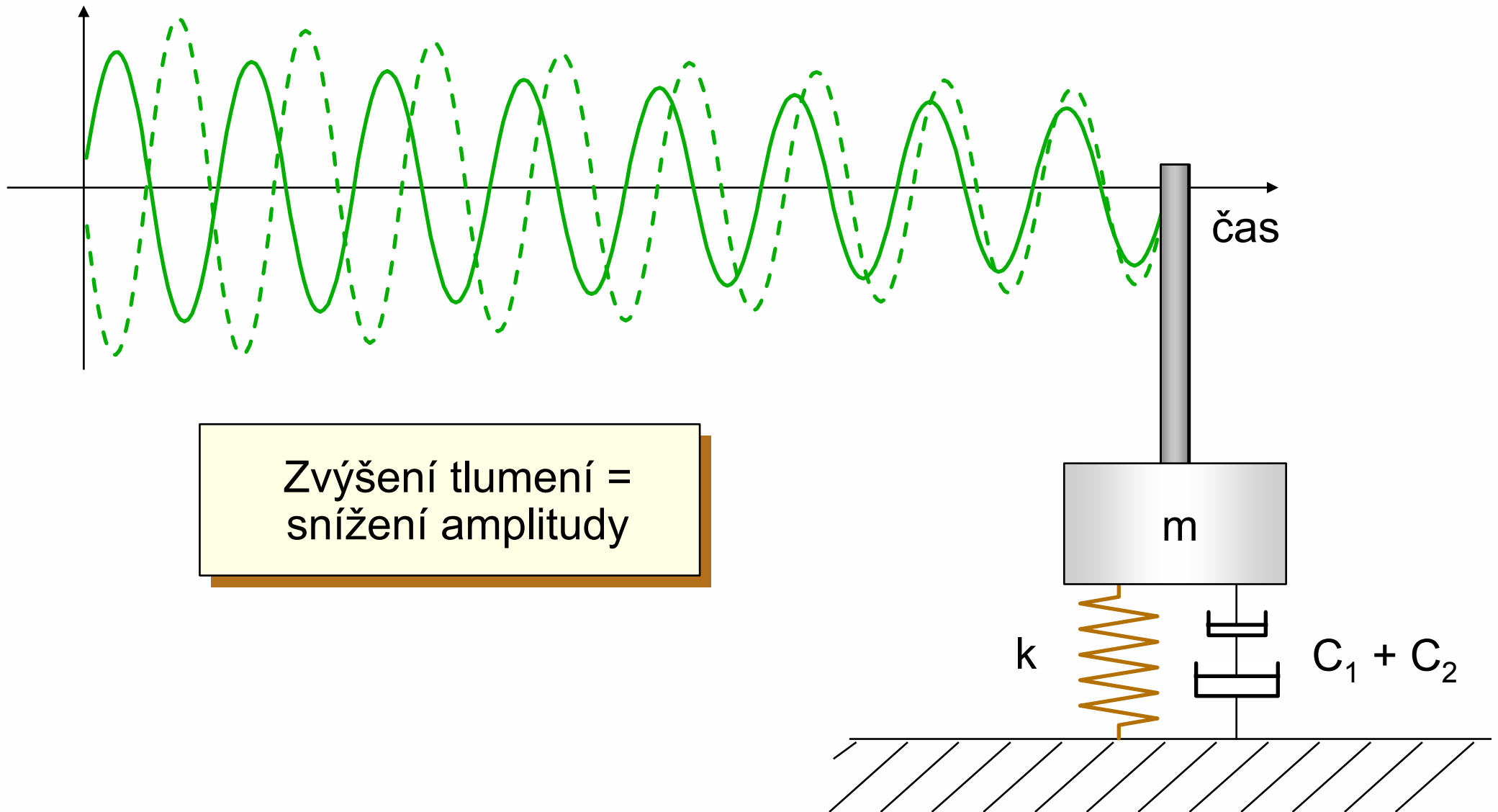


$$\omega_n = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m + m_1}}$$

Větší hmota = snížení
frekvence

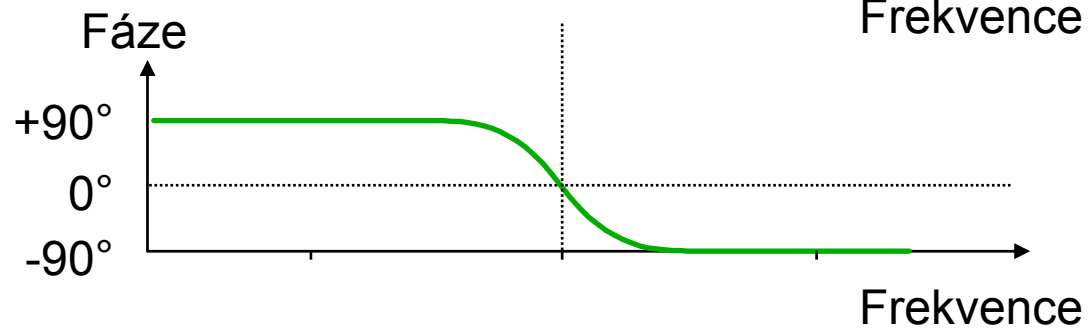
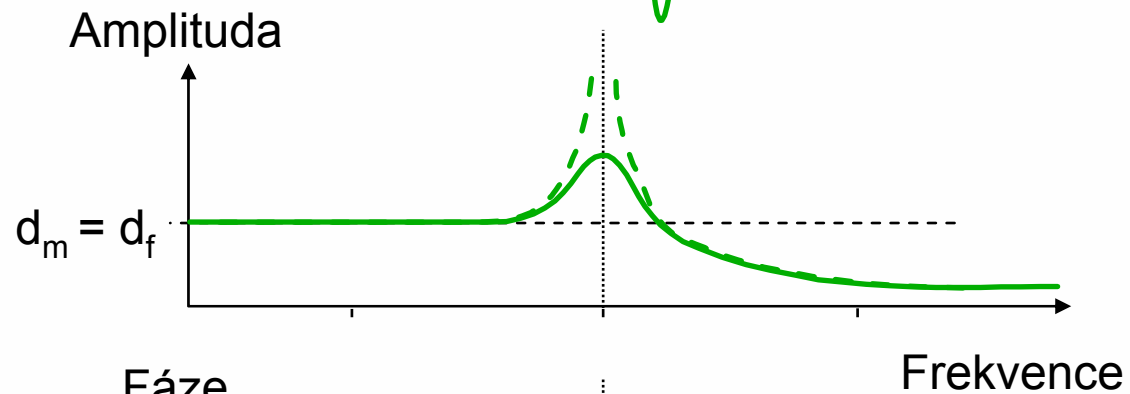
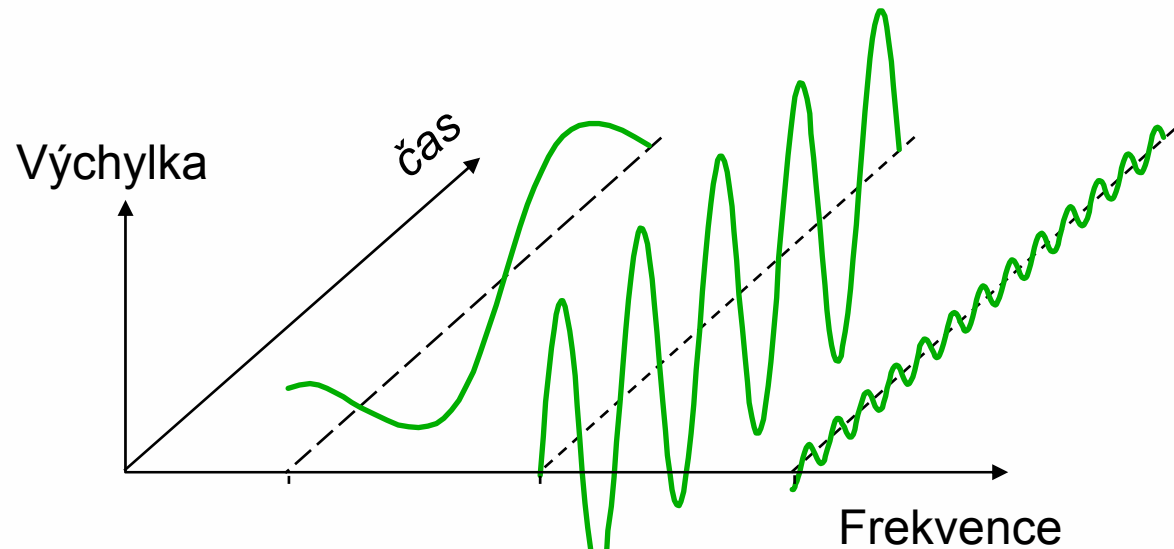
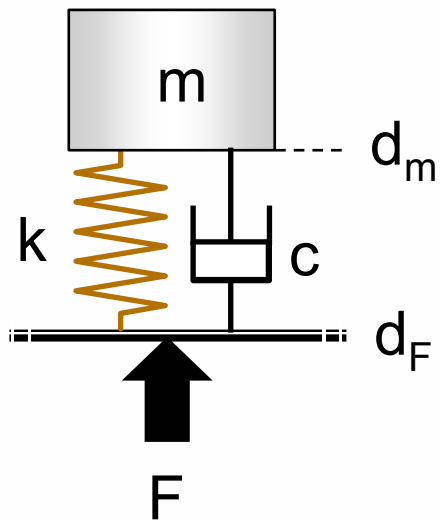


Hmota, pružina a tlumení

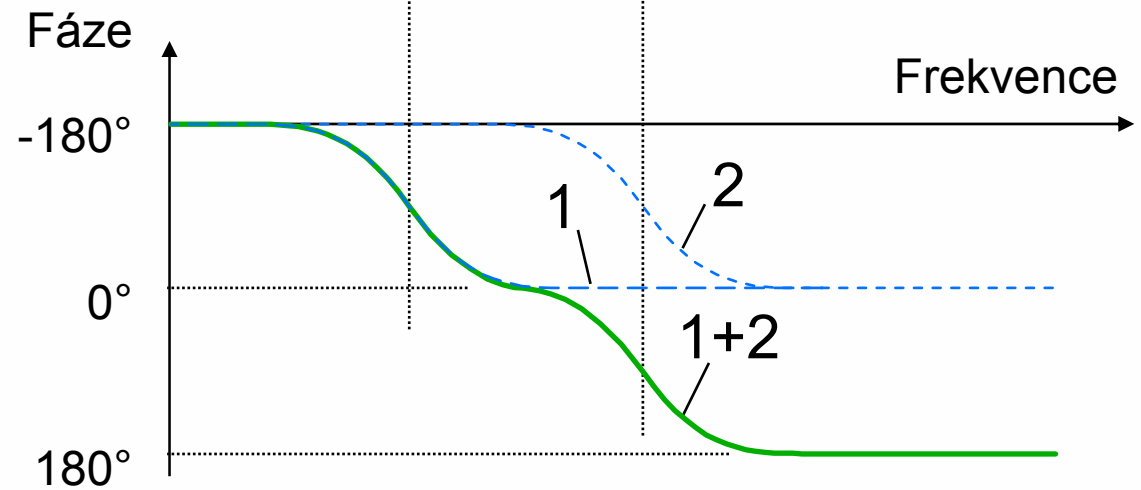
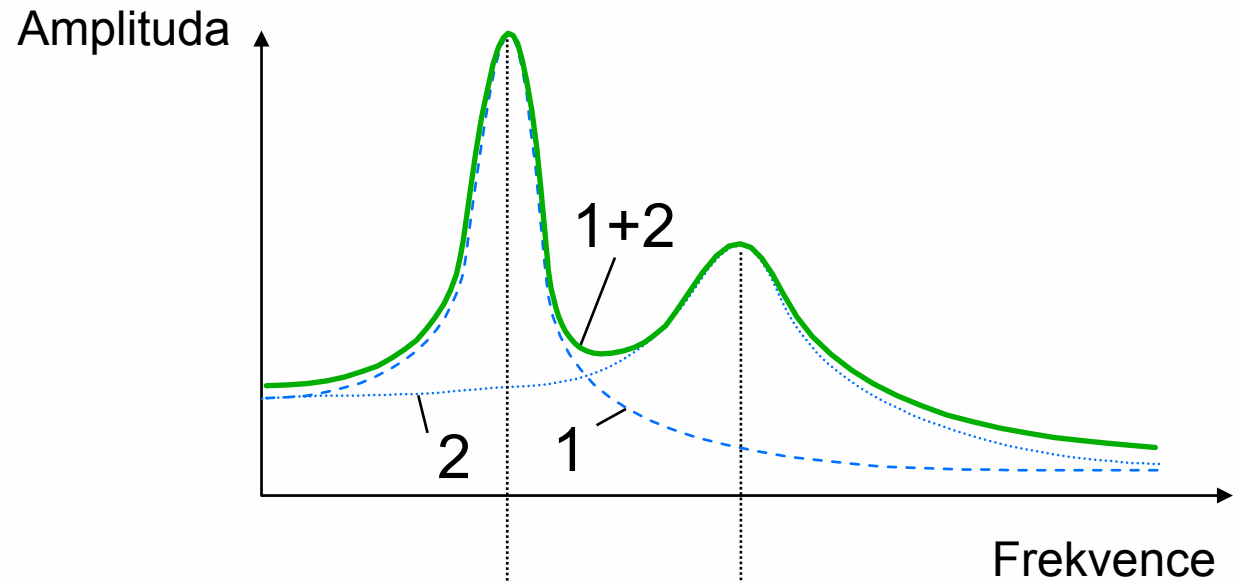
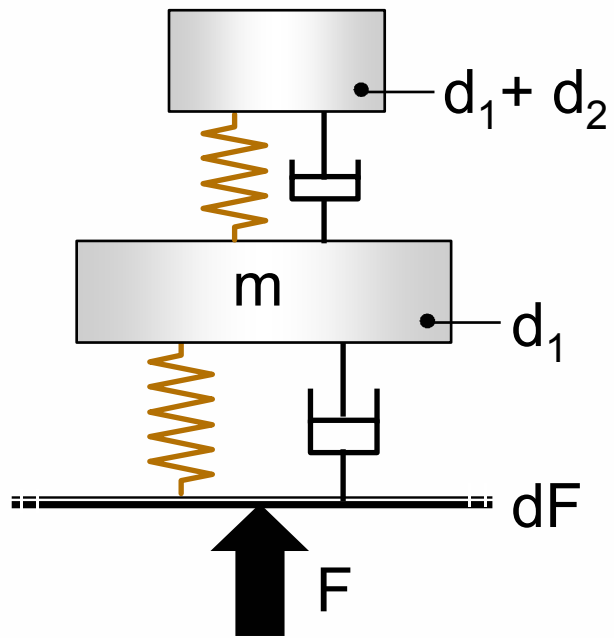


Zvýšení tlumení =
snížení amplitudy

Buzené - vynucené vibrace



Více stupňů volnosti - sdružené odezvy

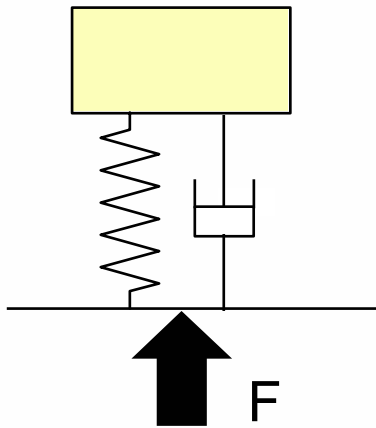


Odezvový model struktur

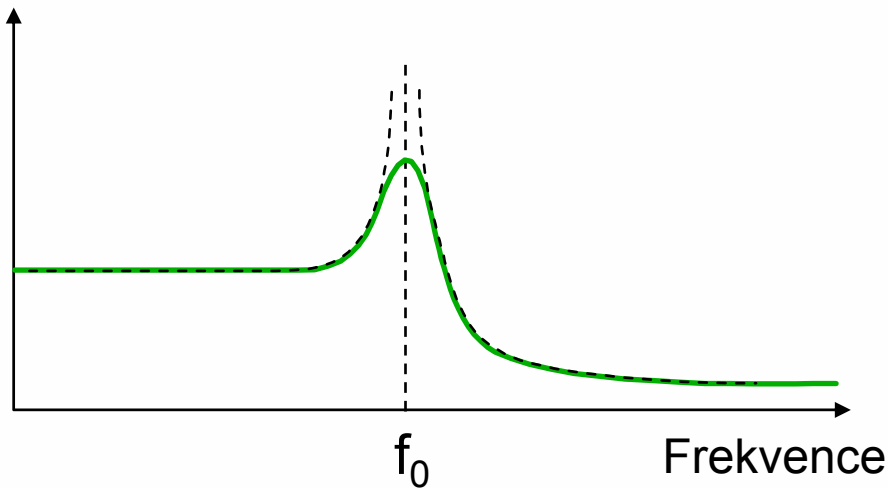
Jeden stupeň volnosti

Single Degree of Freedom

SDOF



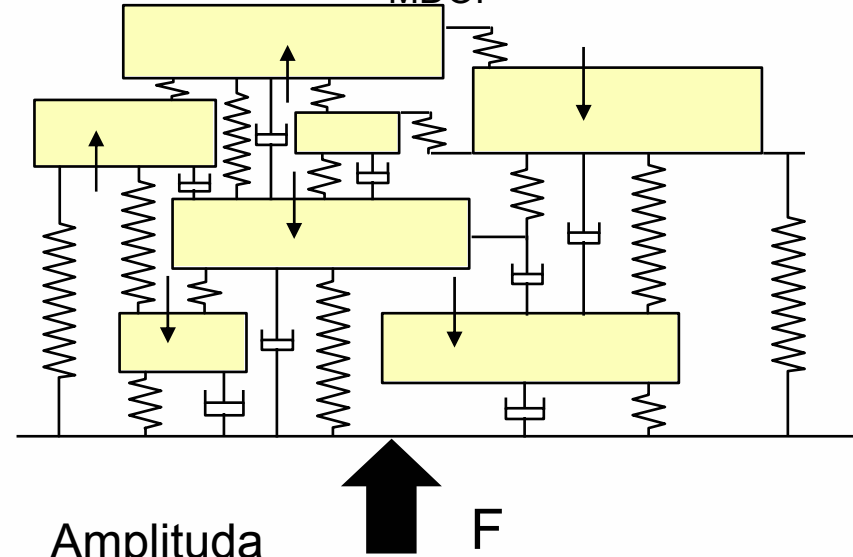
Amplituda



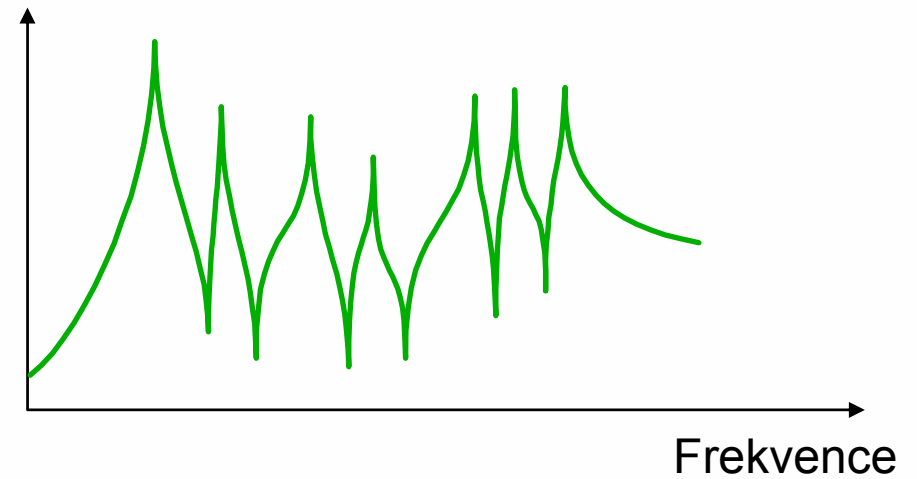
Více stupňů volnosti

Multi Degree of Freedom

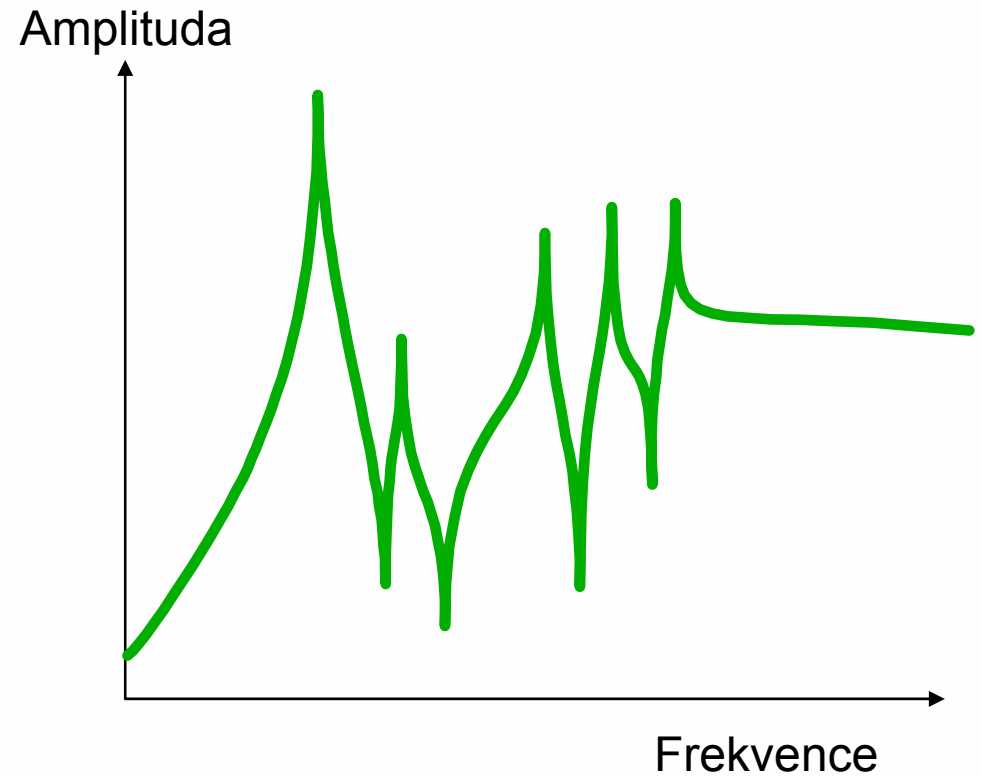
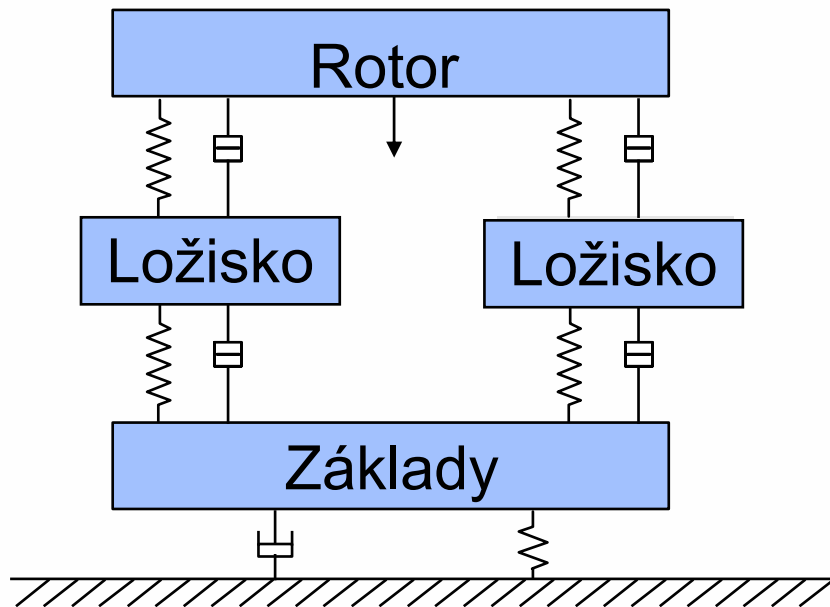
MDOF



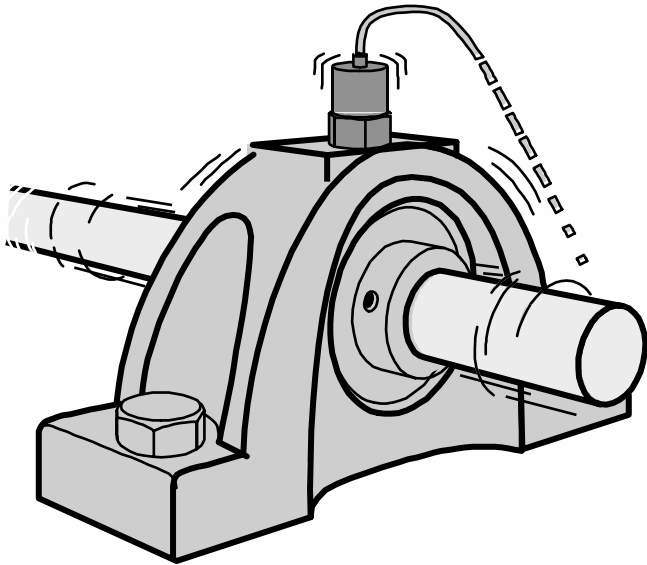
Amplituda



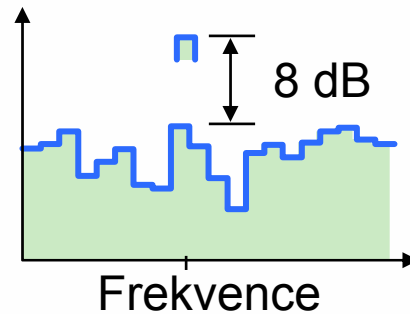
Odezva v “reálném světě”



Síly a vibrace

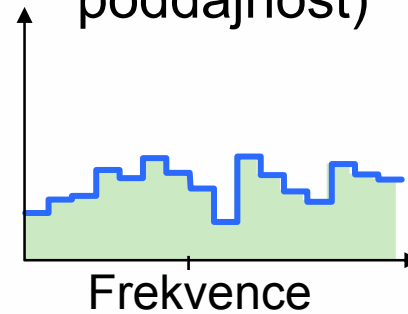


Budící síly



+

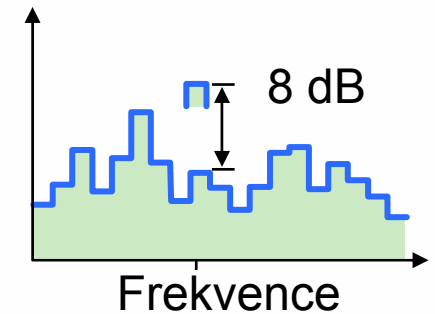
Odezva systému
(pohyblivos -
poddajnost)



+

=

Vibrace



Příčiny sil:

- neváha
- rázy
- tření (opotřebení)
- uvolnění

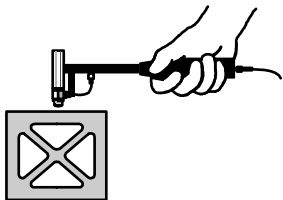
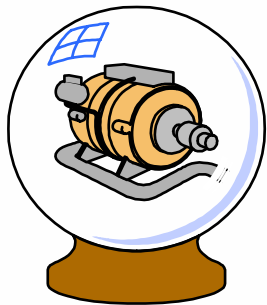
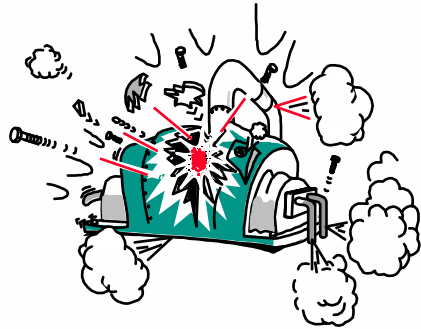
**Strukturální
parametry:**

- hmota
- tuhost
- tlumení

**Vibrační
parametry:**

- zrychlení
- rychlost
- výchylka

Proč měříme vibrace?



- Pro ověření dynamického zatížení stroje (například pro posouzení dle Wöhlerových křivek)
- Zabránění vybuzení rezonancí v důležitých částech stroje
- Pro možnost lokalizovat a dále tlumit či izolovat zdroje vibrací
- Pro provádění bezdemontážní diagnostiky, monitorování provozního stavu stroje
- Pro možnost počítačového modelování a ověření (analýza systému)

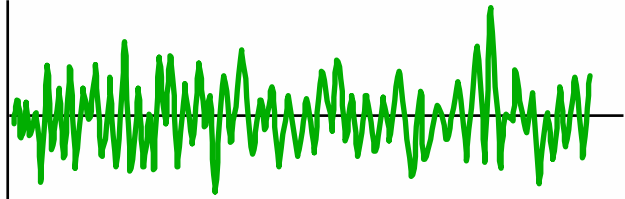
Ja kvantifikujeme vibrace?

- Provedení měření
- Analýza výsledků (úroveň a frekvence)

Před prováděním analýz je nutno nejprve specifikovat typy a projevy vibračních signálů a metodách jejich měření.

Typy signálů

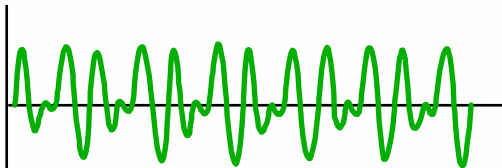
Stacionární signály



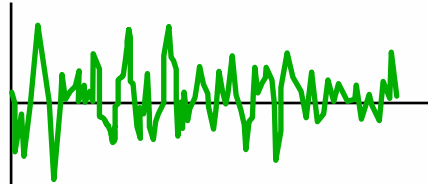
Nestacionární signály



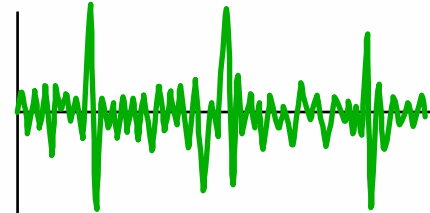
Deterministické



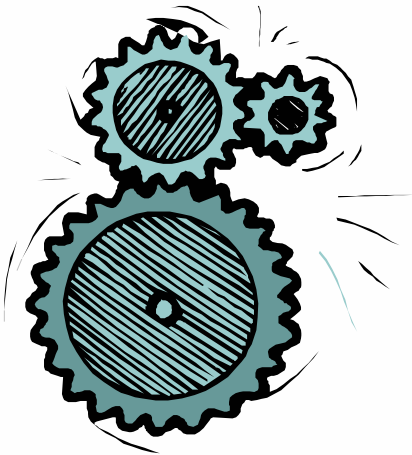
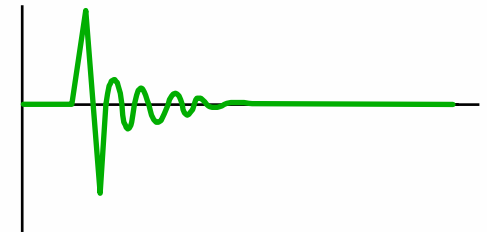
Náhodné



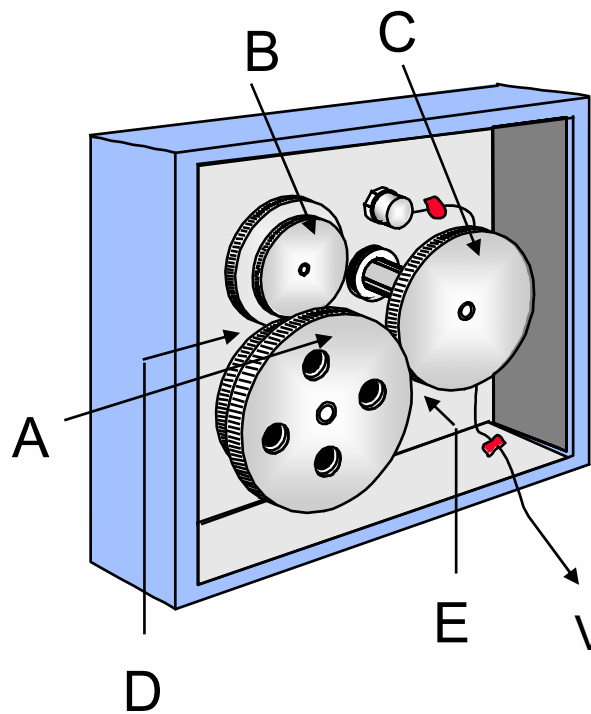
Kontinuální



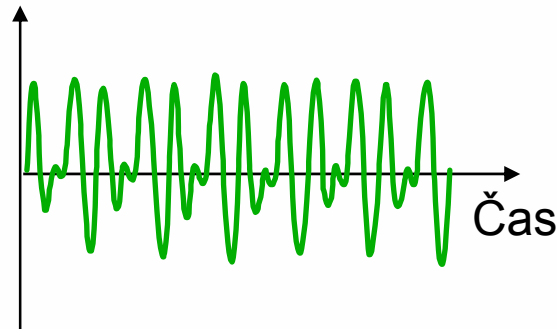
Přechodové



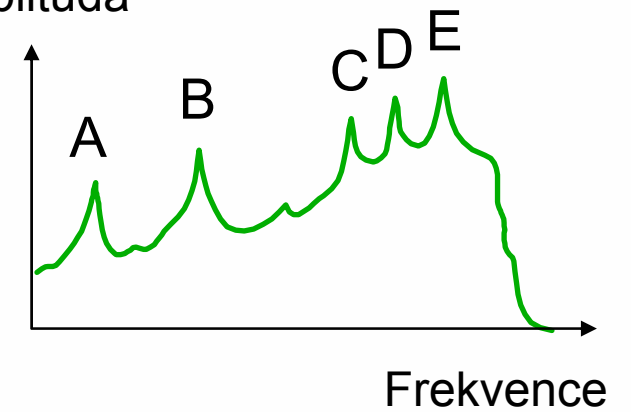
Deterministické signály



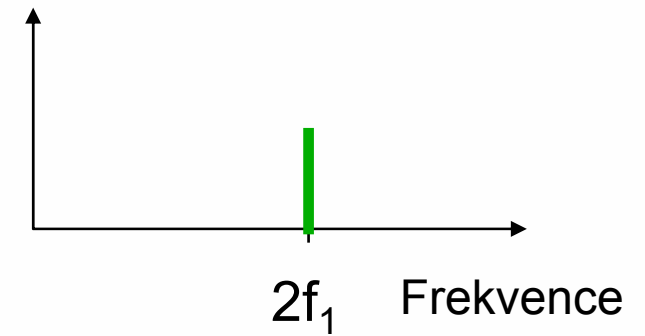
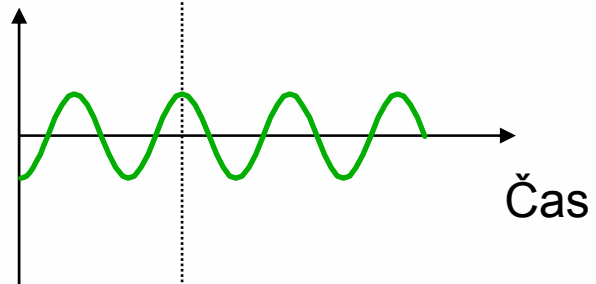
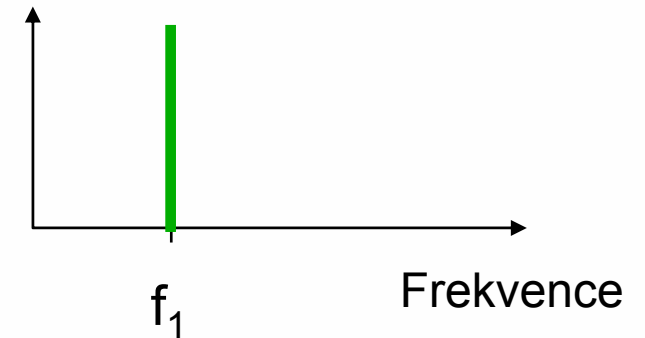
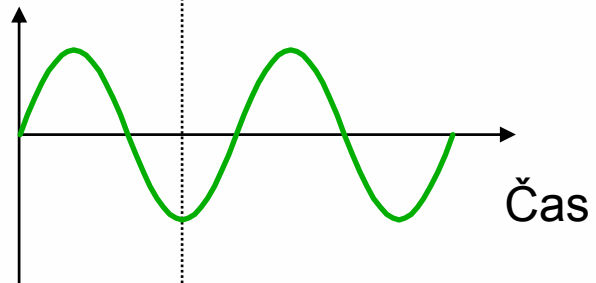
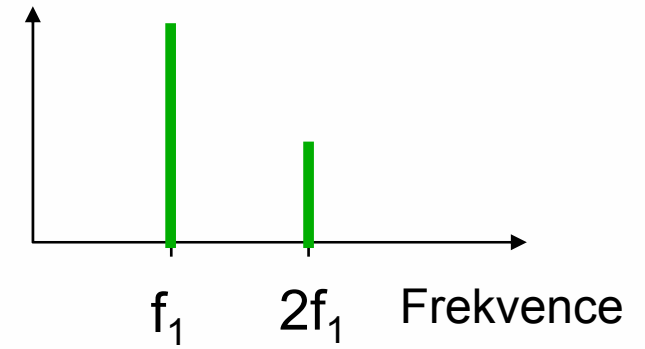
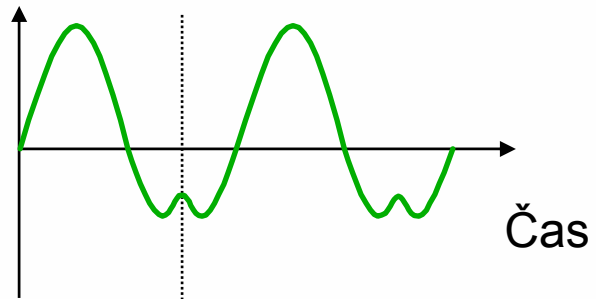
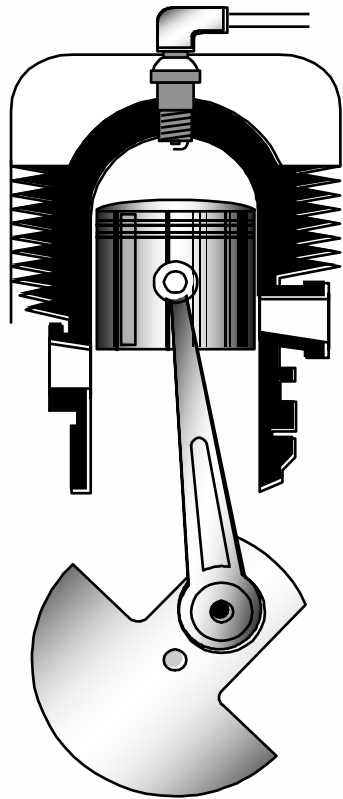
Amplituda



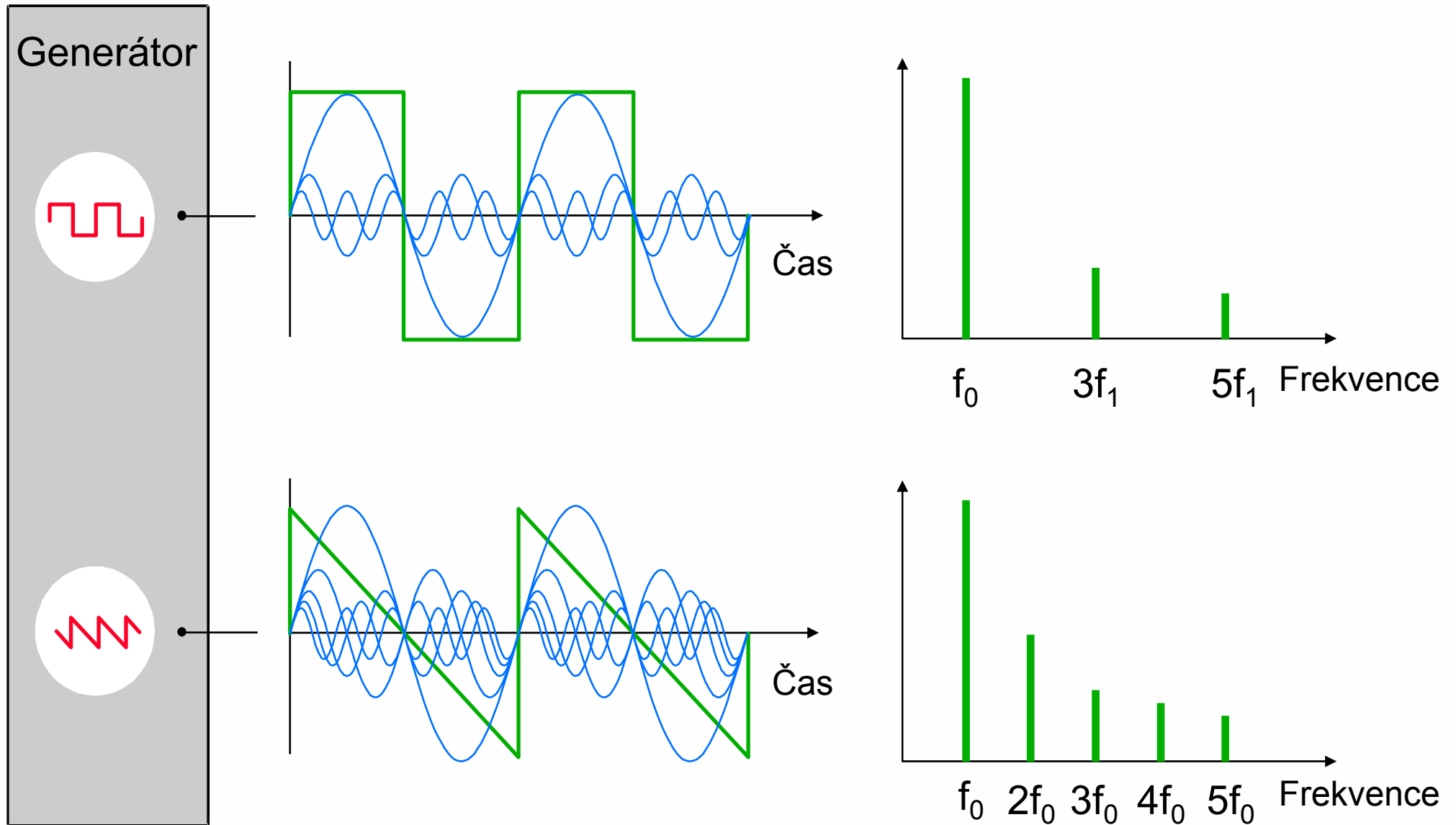
Amplituda



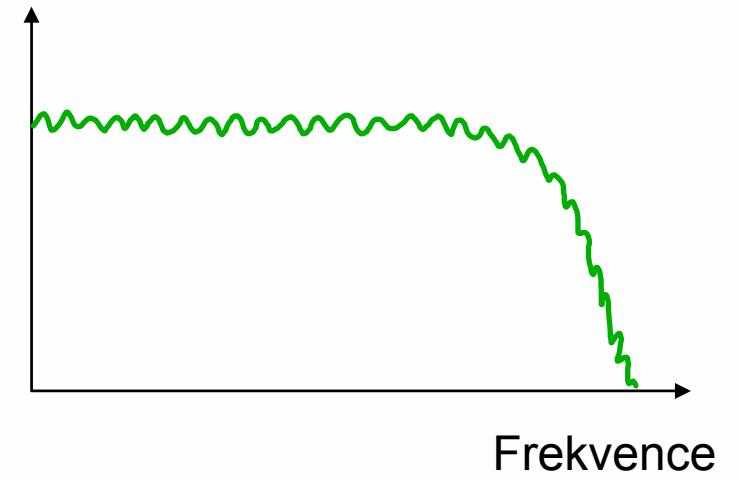
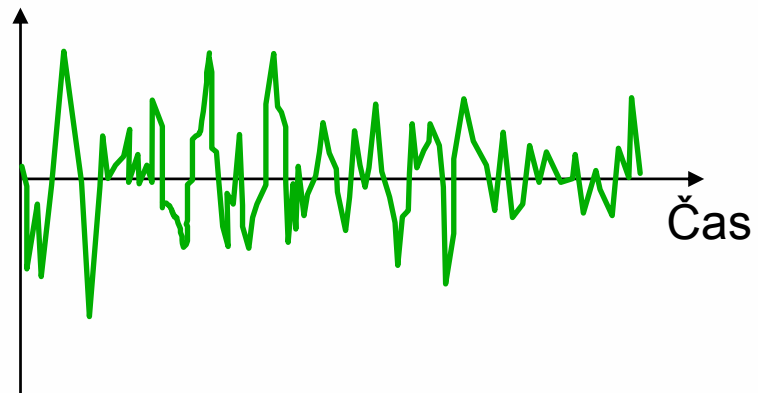
Deterministické signály harmonické



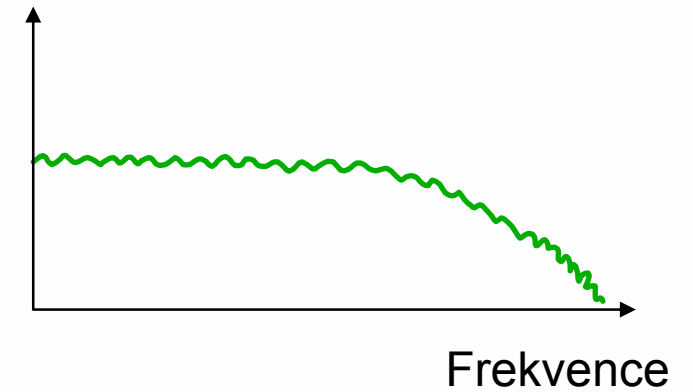
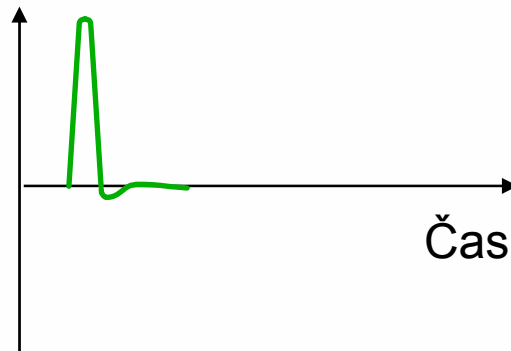
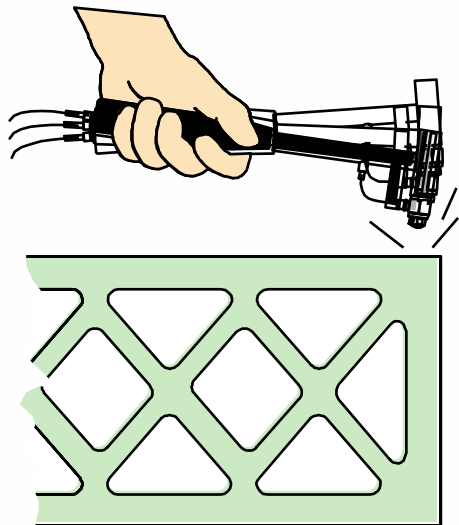
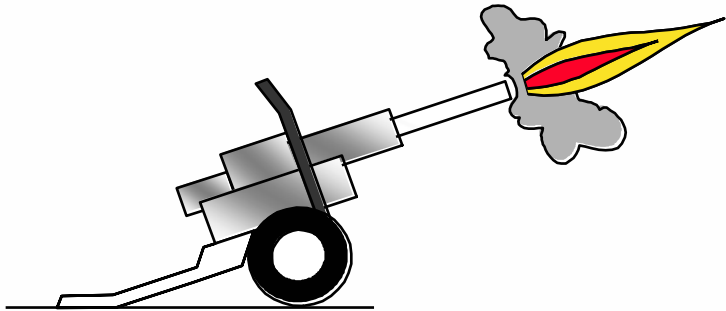
Harmonické



Náhodné signály



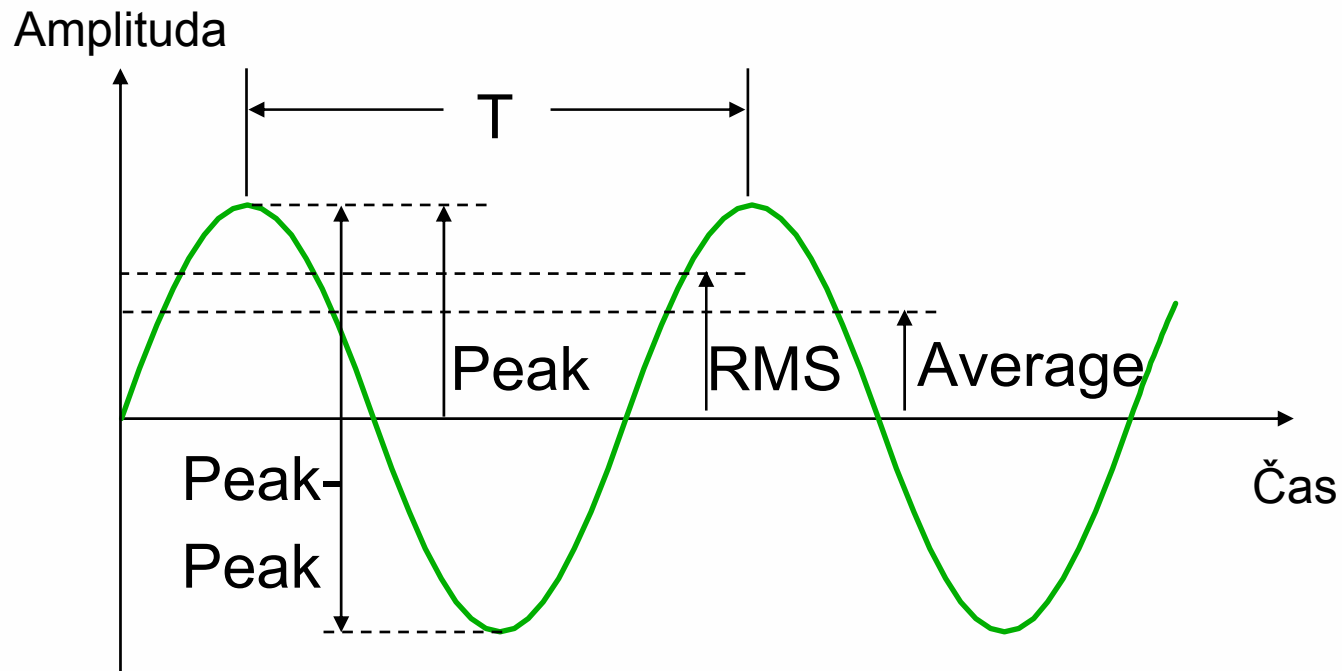
Rázy, impulsy, otřesy



Jaký parametr popisu čsového signálu použít

- **Peak** - Výkmit
- **Peak-Peak** - Dvojamplituda, rozkmit
- **Average** - Průměrná, střední hodnota
- **RMS** - Střední efektivní hodnota
- **Crest Factor** - Krest faktor
- **Periodicity/Repetition Rate** - úroveň (míra) opakování
- **Duration** - Trvání, doba jevu

Popis časového signálu

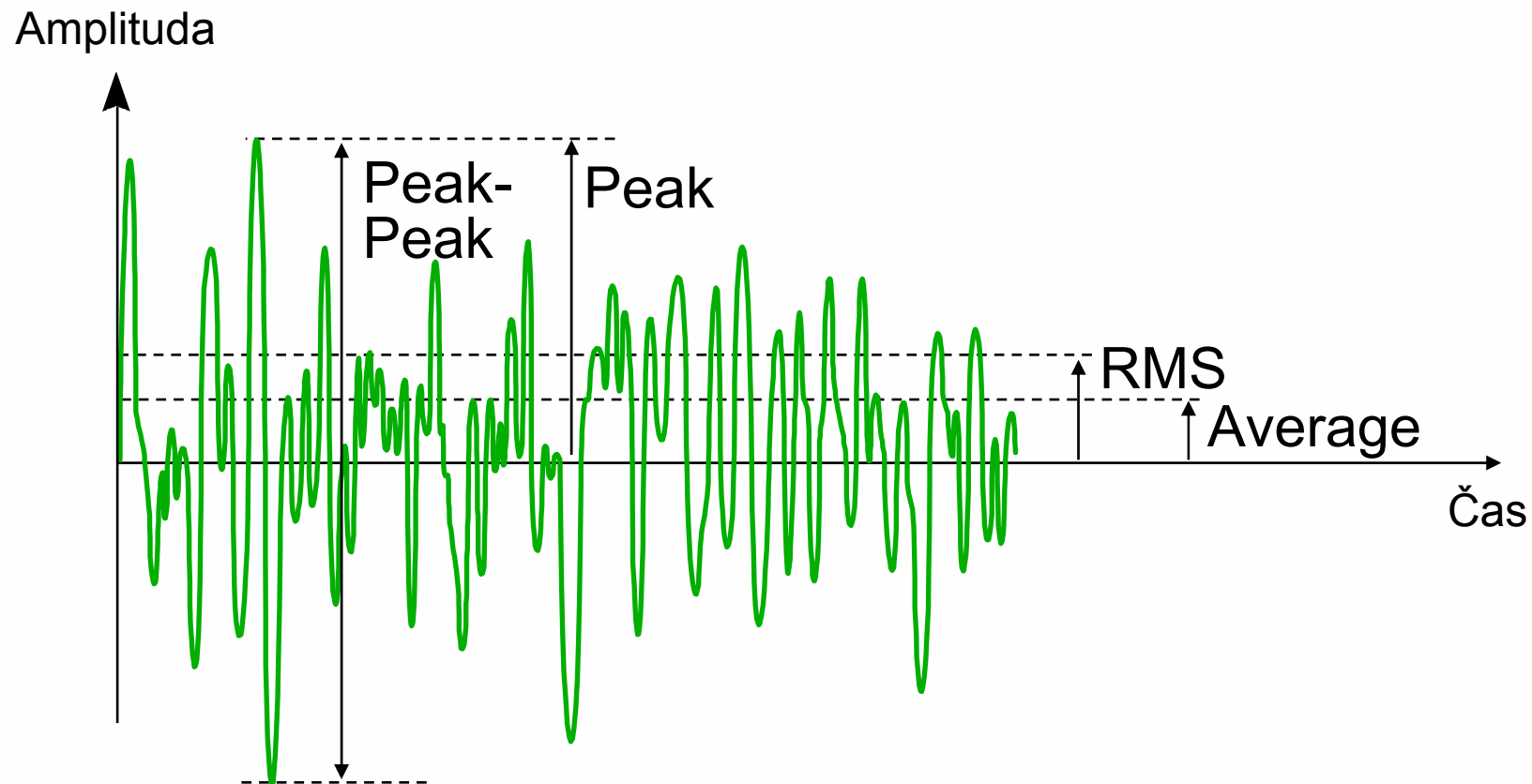


$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (x^2(t)) dt}$$

$$\text{Average} = \frac{1}{T} \int_0^T |x| dt$$

$$\text{Crest Factor: } \frac{\text{Peak}}{\text{RMS}}$$

Popis časového signálu

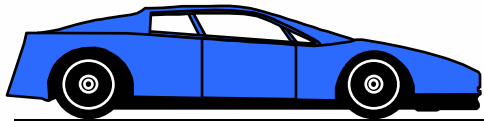


$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (x^2(t)) dt}$$

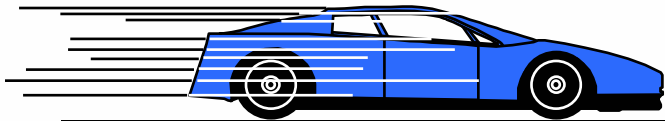
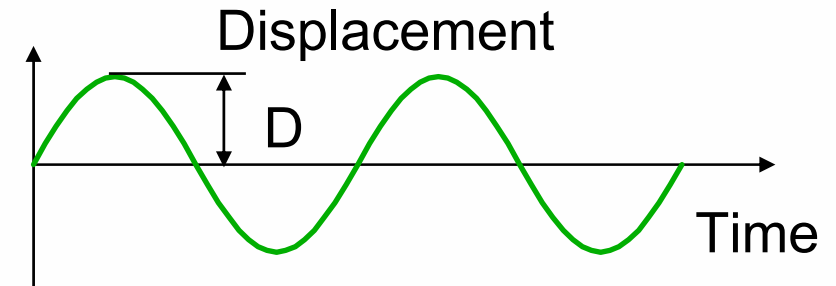
$$Average = \frac{1}{T} \int_0^T |x| dt$$

$$Crest\ Factor = \frac{Peak}{RMS}$$

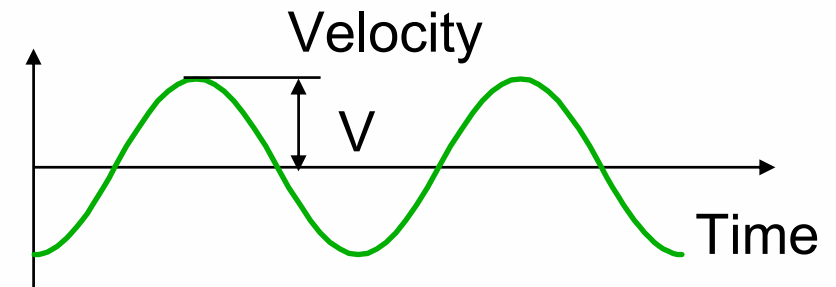
Porovnání lineárního a periodického pohybu



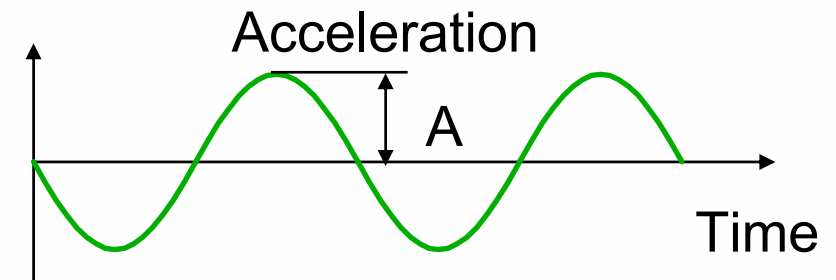
Detroit
35 Mil



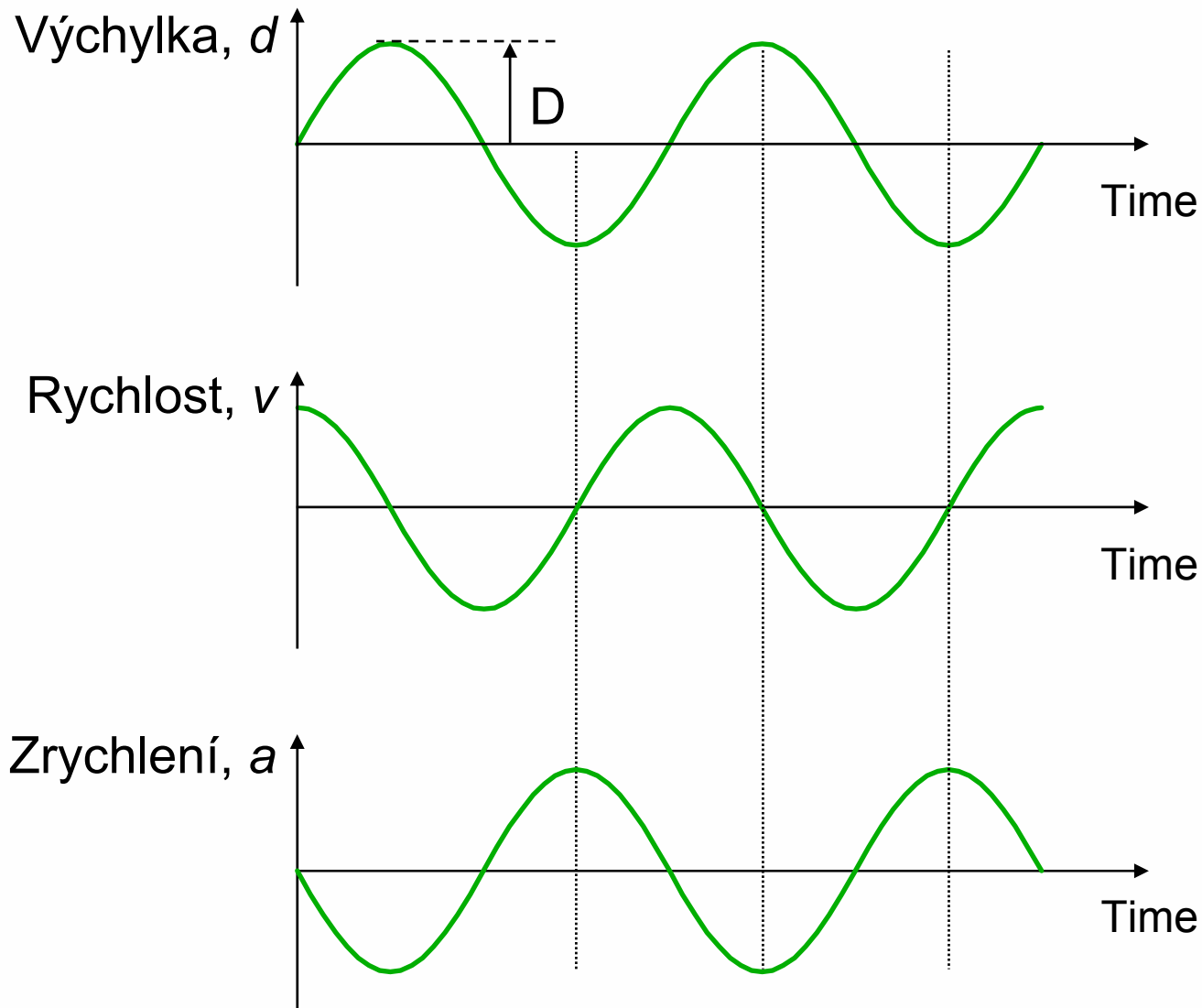
Rychlostní
omezení
65 M/h



TEST
0-60 M/h
za 8.6
sekund



Převod z výchylky na zrychlení



$$d = D \sin \omega t$$

$$d = D$$

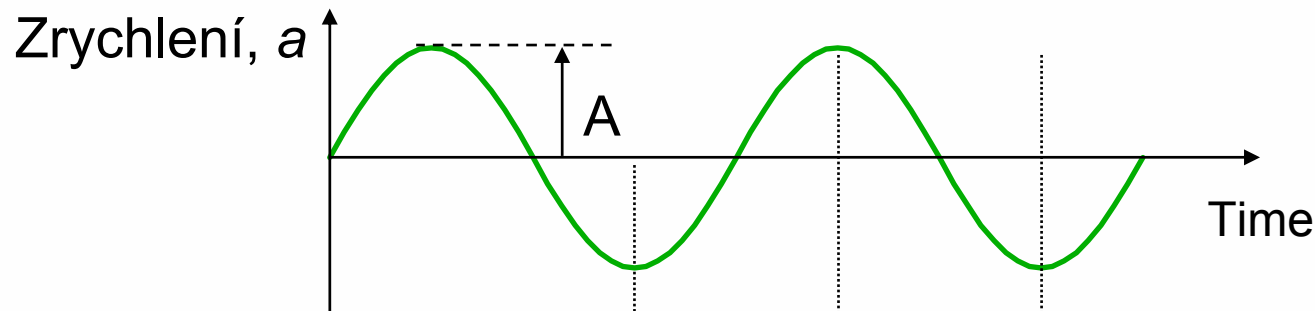
$$v = \frac{dd}{dt} = D\omega \cos \omega t$$

$$v = D\omega = D2\pi f$$

$$a = \frac{d^2d}{dt^2} = D\omega^2 \sin \omega t$$

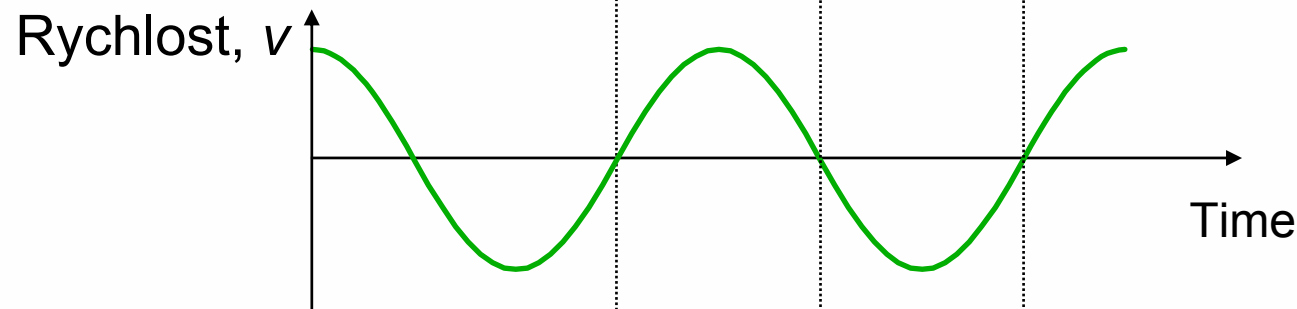
$$a = D\omega^2 = D4\pi^2 f^2$$

Převod za zrychlení na výchylku



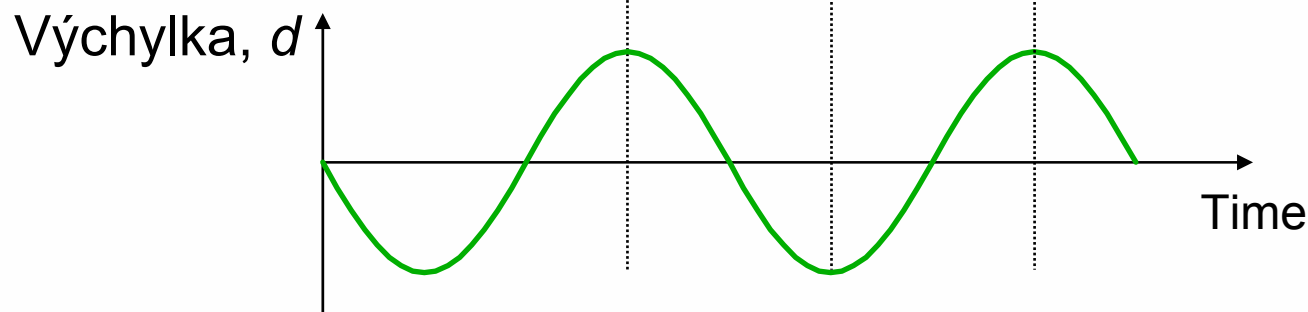
$$a = A \sin \omega t$$

$$a = A$$



$$v = \int a dt = -\frac{A}{\omega} \cos \omega t$$

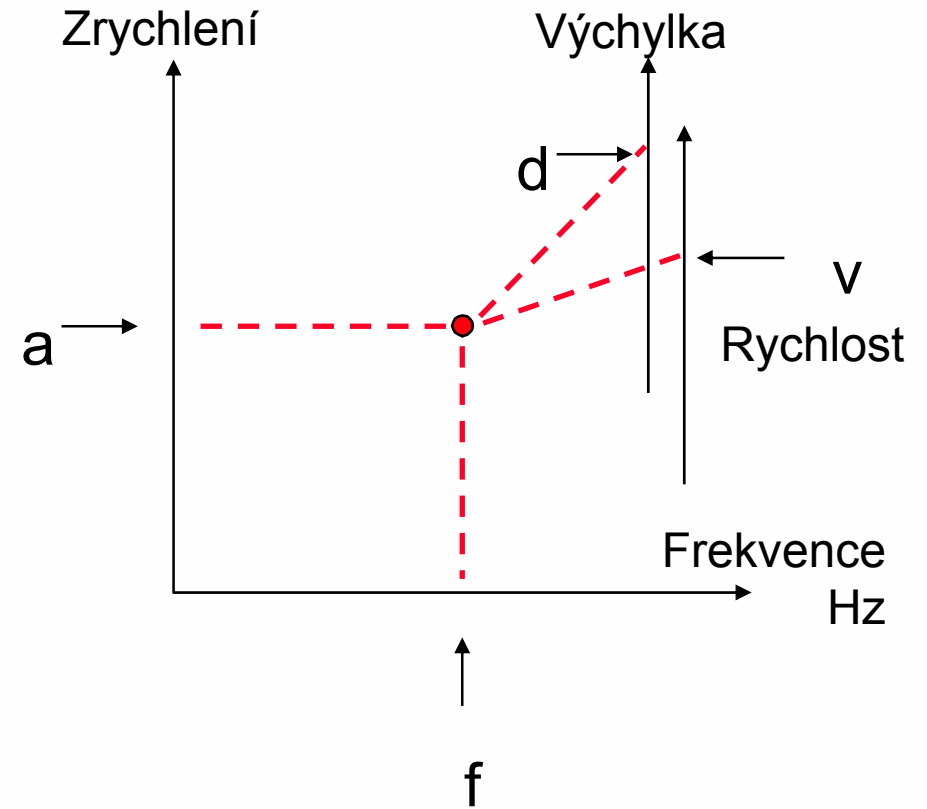
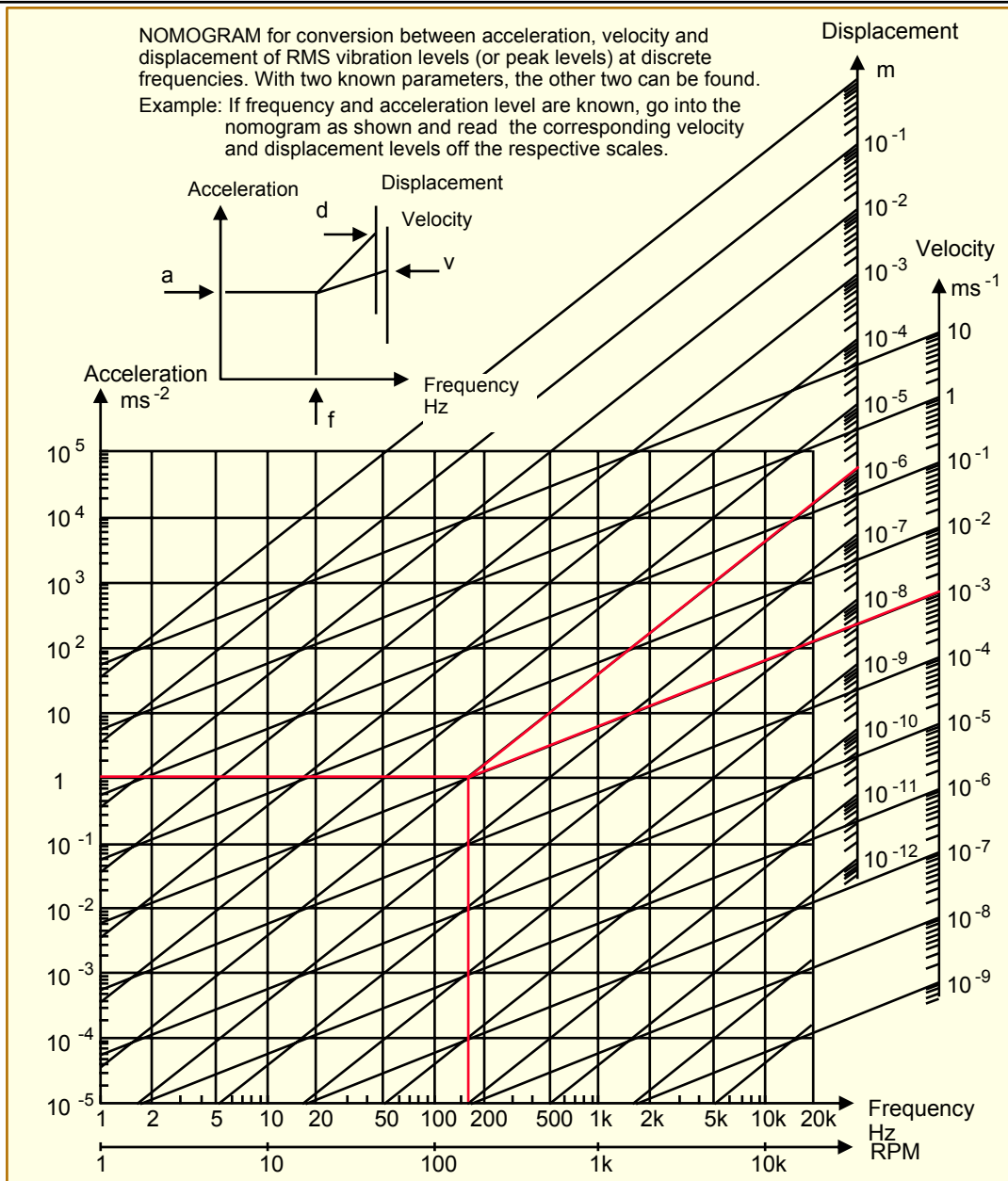
$$v = \frac{A}{\omega} = \frac{A}{2\pi f}$$



$$d = \iint a dt dt = -\frac{A}{\omega^2} \sin \omega t$$

$$d = \frac{A}{\omega^2} = \frac{A}{4\pi^2 f^2}$$

Převod pomocí nomogramu



Poznámka pro kalibraci:
Pro $f=159,2\text{Hz}$ je

$$\omega = 1000\text{s}^{-1}$$

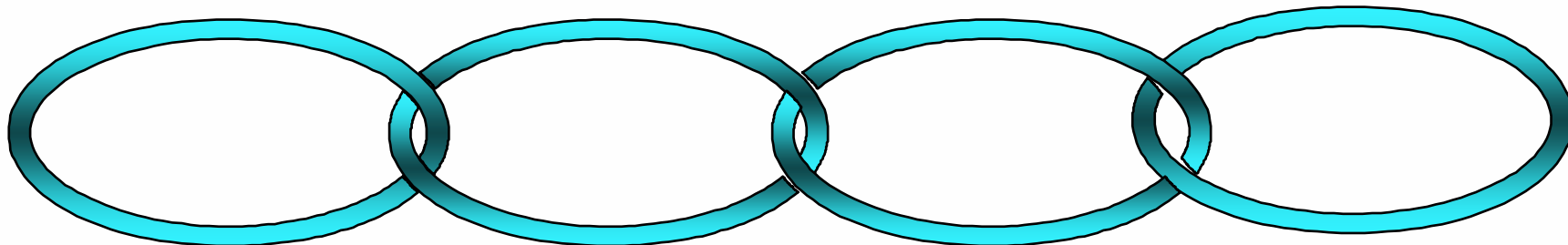
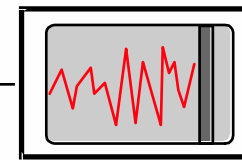
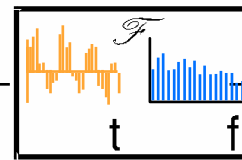
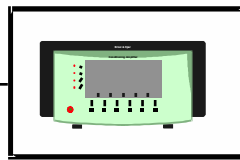
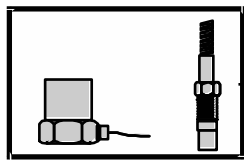
Měřicí řetězec

Snímač

Předzesilovač
a úprava
signálu

Frekvenční
analýza

Výstup



GIGO

Garbage In = Garbage Out

GIGO

Smetí dovnitř - smetí ven

