

# PERUSKÄSITTEET

Mekaanisen systeemin liiketilaa, joka **toistuu määrä-ajan kuluttua joko täysin tai lähes samanlaisena**, sanotaan värähtelyksi.

Värähtelyn luonteeseen vaikuttavat systeemin mekaaniset ominaisuudet ovat **massa**, **jäykkyys** ja **vaimennus** ovat systeemiin jatkuvasti mutta eivät tasaisesti **jakaantuneita**.

Käytännössä joudutaan todellista mekaanista systeemiä käsittelemään sen **yksinkertaistetun mallin** avulla.

## Laskentamallin valinta:

- Mallin ominaisuuksien tulee vastata riittävän hyvin systeemin todellista käyttäytymistä.
- Mallin dynaamista toimintaa kuvaavat yhtälöt on pystyttävä ratkaisemaan kohtuullisessa ajassa ja kohtuullisin kustannuksin.

## Laskentamallien jako:

- Diskreetit eli jousi-massa-vaimennin mallit.
  - mallia kuvaavat tavalliset differentiaaliyhtälöt
- Jatkuvat mallit.
  - mallia kuvaavat osittaisdifferentiaaliyhtälöt
- Yhdistetyt mallit.
  - yhdistelmä edellisistä

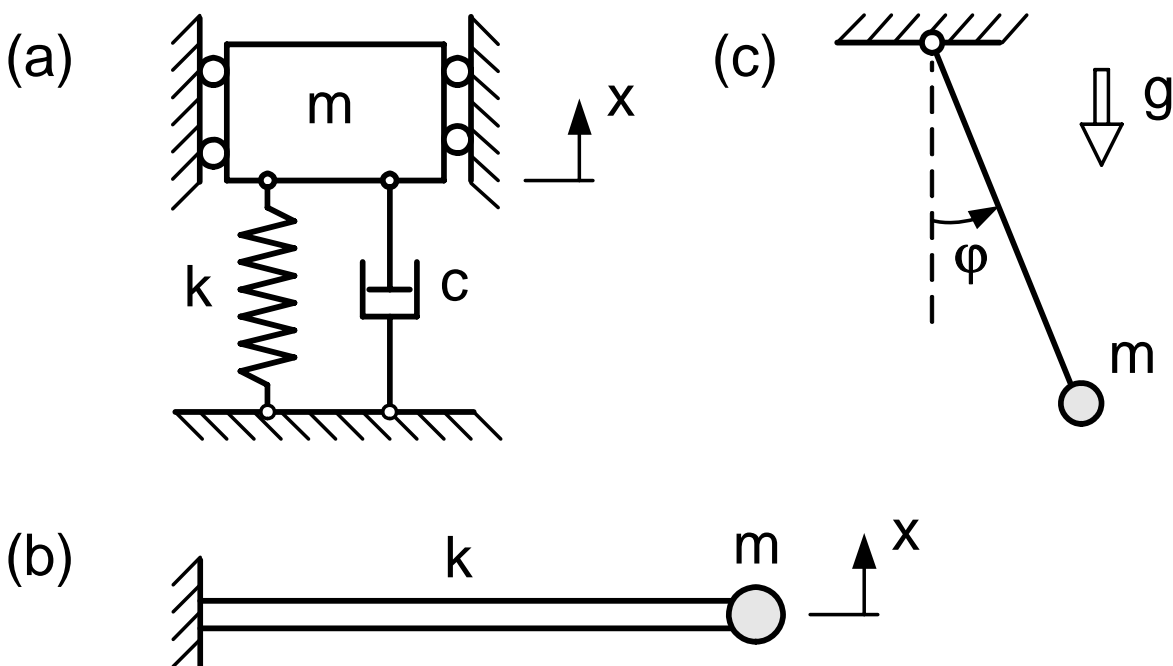
# VAPAUASTEET

Laskentamallin vapausasteiden lukumäärällä tarkoitetaan niiden **toisistaan riippumattomien koordinaattien lukumäärää**, jotka tarvitaan ilmaisemaan värähtelevän mekaanisen systeemin asema kullakin ajan hetkellä.

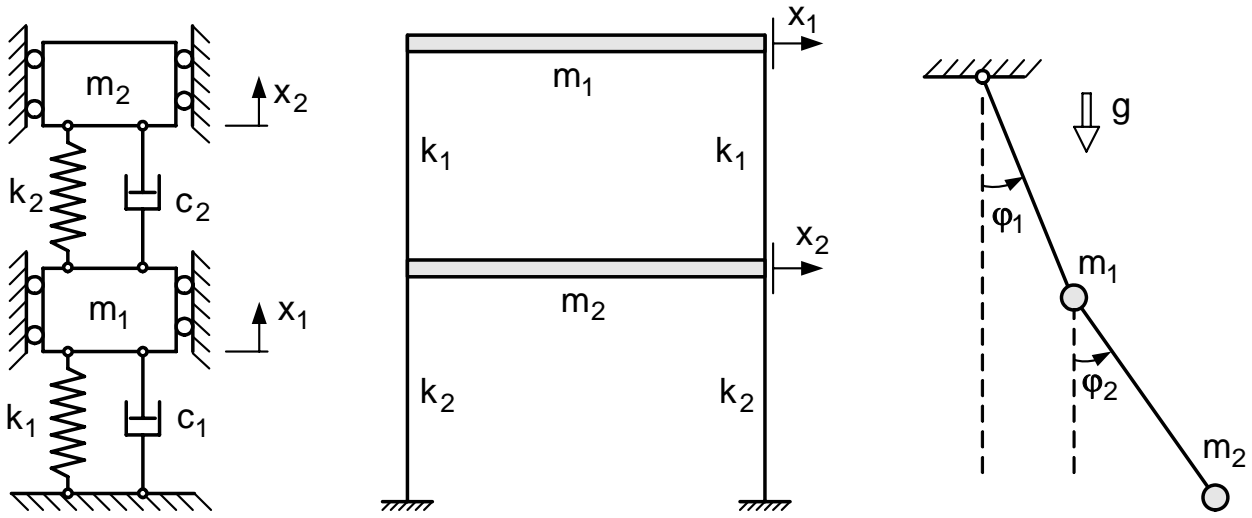
Todellisen mekaanisen systeemin vapausasteiden lukumäärä on **ääretön**, koska se koostuu äärettömän monesta massapisteenä.

Mekaanisen systeemin **diskreetti malli** koostuu äärellisestä määrästä jousia, massoja ja vaimentimia.

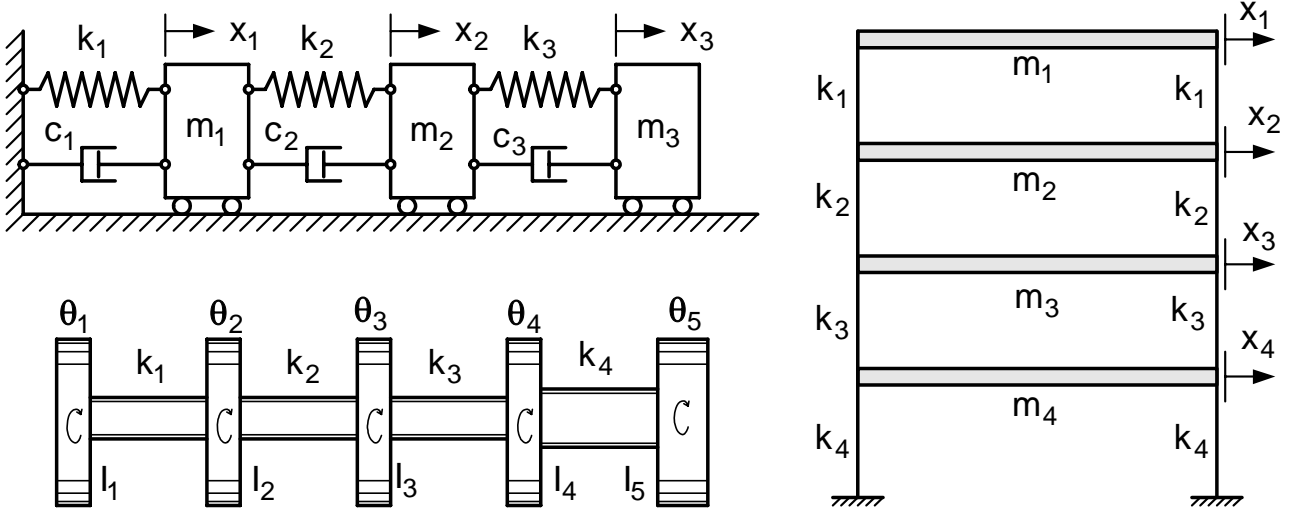
## Yhden vapausasteen systeemejä:



Kahden vapausasteen systeemejä:



Monen vapausasteen systeemejä:



# VÄRÄHTELYJEN LUOKITTELU

- **Ominaisvärähtely** I. vapaa värähtely on systeemin liikettä omin päin (natural vibration).
- **Pakkovärähtely** syntyy ulkoisten kuormitusten vaikutuksesta (forced vibration).
- **Vaimenematon** värähtely, kun kitka on merkityksetön (undamped vibration).
  - energia säilyy, jatkuu ikuisesti
  - ei esiinny puhtaana todellisuudessa
- **Vaimeneva** värähtely, kun sisäinen ja ulkoinen kitka vaikuttavat merkittävästi (damped vibration). **Vaimennusmalleja** ovat mm.
  - viskoosi eli nestevaimennus
  - kitkavaimennus I. Coulombin vaimennus
  - rakenteellinen vaimennus
- **Lineaarinen** värähtely
  - pienet siirtymät
  - materiaali lineaarinen
- **Epälineaarinen** värähtely
  - laskennallinen käsittely hankala
  - numeeriset menetelmät

# VÄRÄHTELYIDEN ANALYYSINTI

Värähtelyanalyysiin on yleensä mahdotonta ottaa mukaan kaikkia systeemin yksityiskohtia.

Analysointi suoritetaan todellista systeemiä kuvaavan yksinkertaistetun matemaattisen mallin avulla.

Värähtelyanalyysi voidaan jakaa neljään vaiheeseen:

- **Laskentamallin laadinta**
  - tarpeeksi yksityiskohtainen
  - tarkoituksenmukainen
  - vaatii kokoemusta
  - mallien hierarkia
  
- **Liikkeyhtälöiden muodostaminen**
  - Newtonin laki
  - työ- ja energiaperiaatteet
  
- **Liikkeyhtälöiden ratkaiseminen**
  - analyttiset käsilaskentamenetelmät, jos vapausasteita 3 tai vähemmän
  - matematiikkaohjelmat, esim. Mathcad  $\leq 10$  vapausastetta
  - FEM-ohjelmat
  
- **Tulosten tulkinta**
  - tulokset riippuvat mallista
  - kriittisyys