

# Dynamika mechatronických systémov

## Úvod do predmetu

Vladimír Kutiš

Oddelenie aplikovanej mechaniky a mechatroniky  
UAMT, FEI STU Bratislava



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

Faculty of Electrical Engineering and Information Technology

# Obsah prednášky

1. Mechanika v mechatronike
2. Rozdelenie mechaniky
3. Cieľ predmetu
4. Obsah prednášok
5. Obsah cvičení
6. Podmienky získania zápočtu a skúšky
7. Základné pojmy

# 1. Mechanika v mechatronike

Väzba medzi odbormi



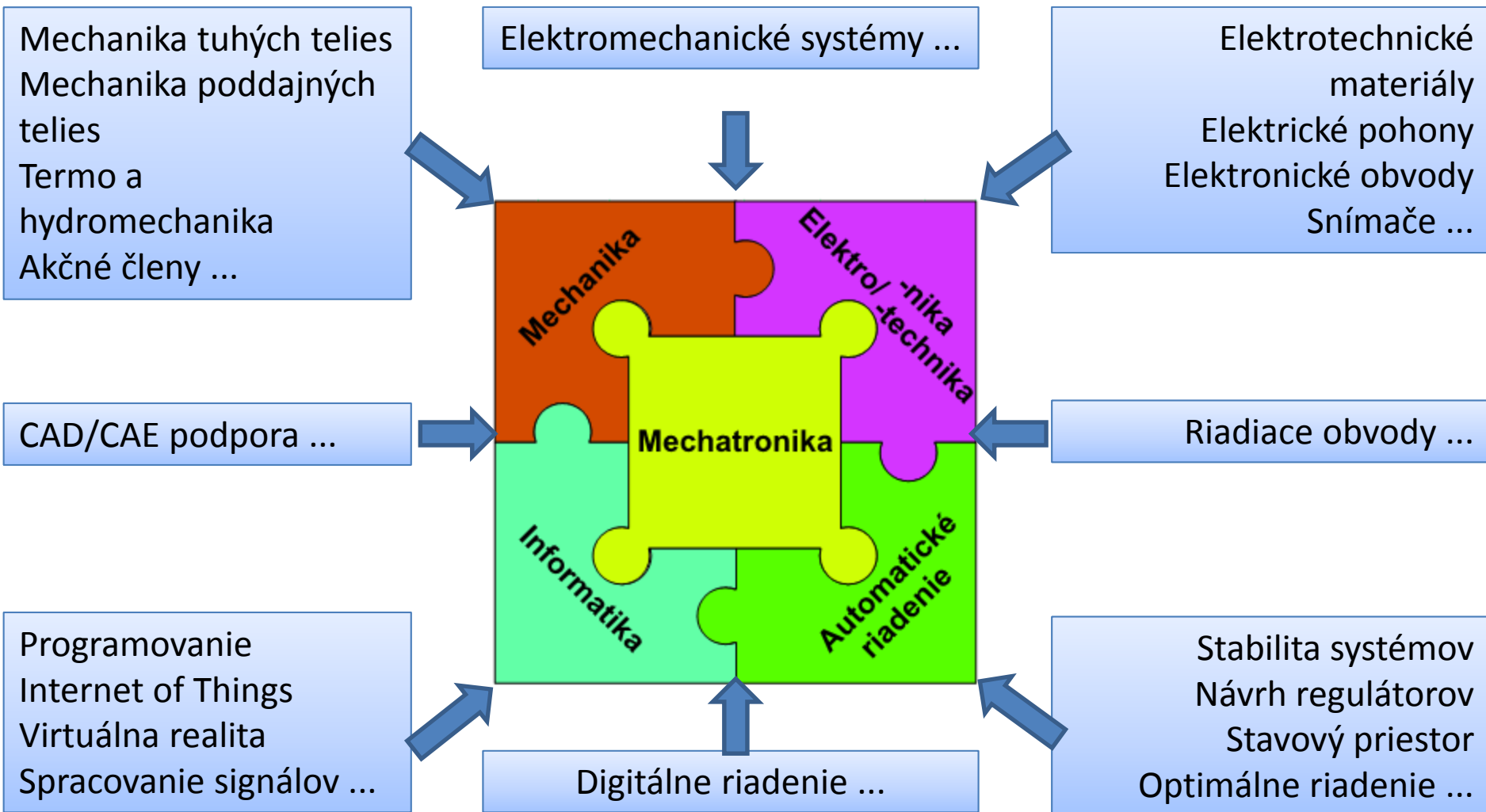
# 1. Mechanika v mechatronike

Väzba medzi odbormi



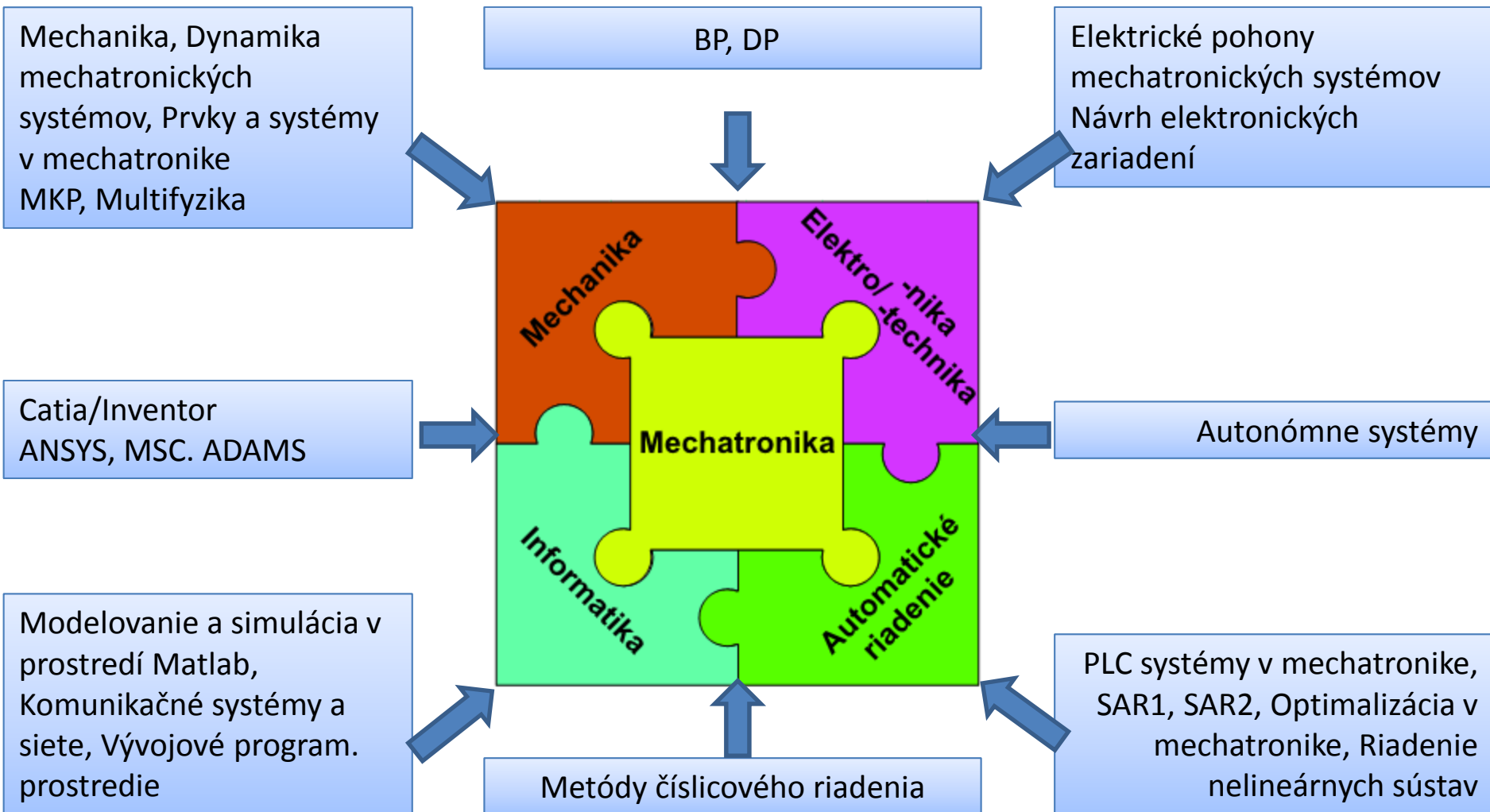
# 1. Mechanika v mechatronike

## Väzba medzi odborními



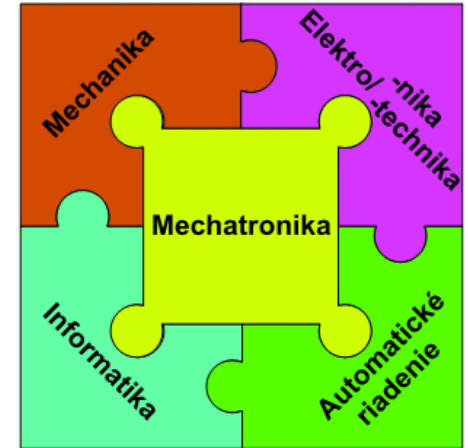
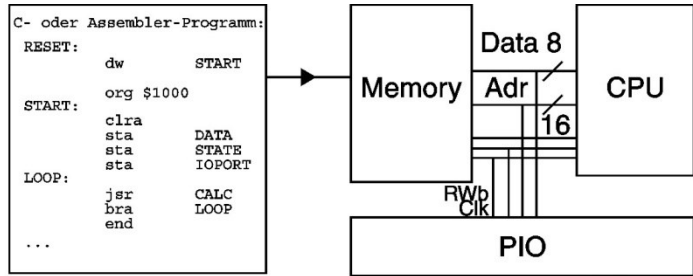
# 1. Mechanika v mechatronike

## Väzba medzi odborními



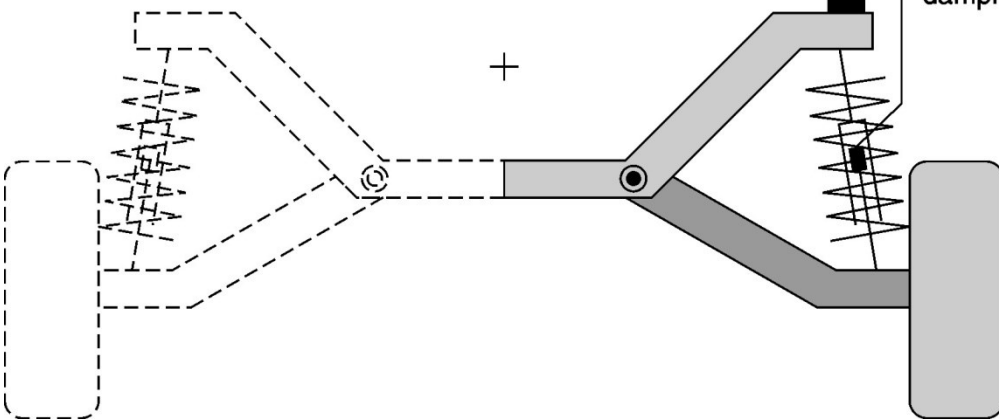
# 1. Mechanika v mechatronike

## Príklad prepojenia odborov



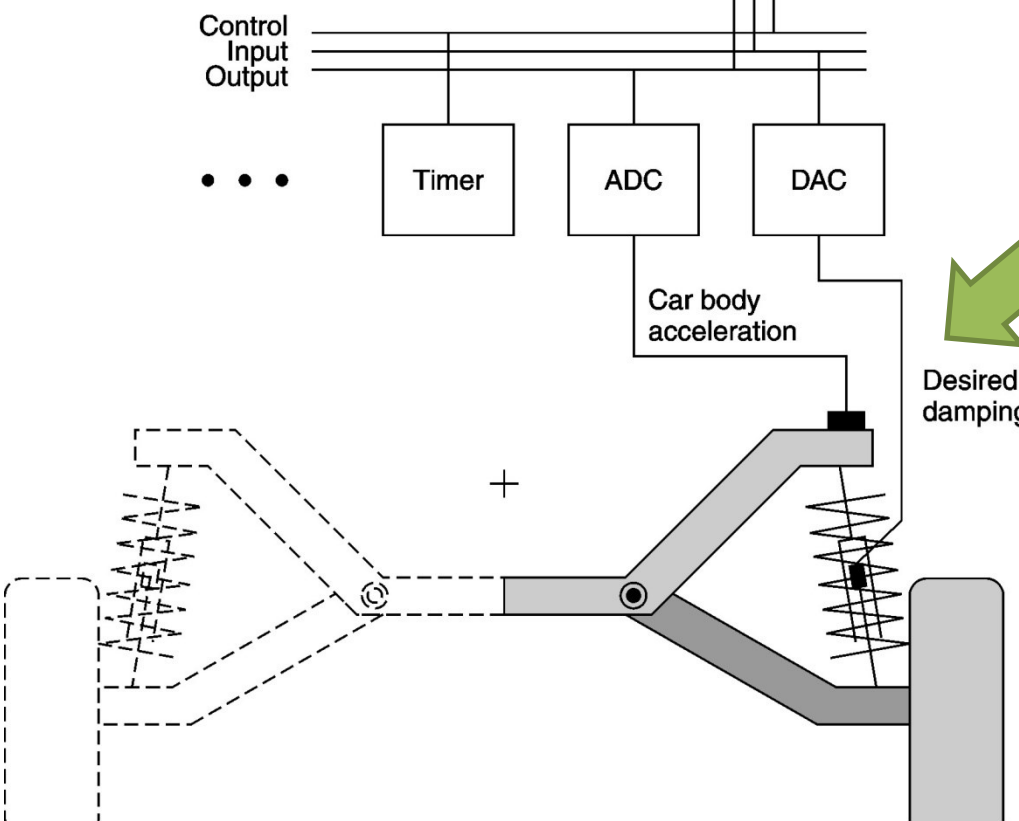
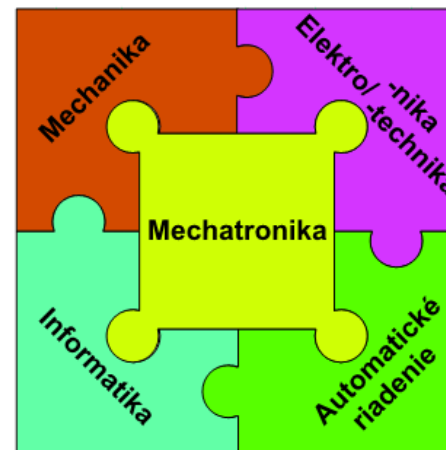
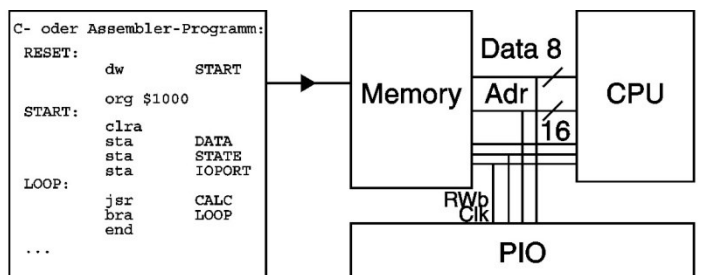
semiaktívne zavesenie kolies

Desired damping



# 1. Mechanika v mechatronike

## Príklad prepojenia odborov



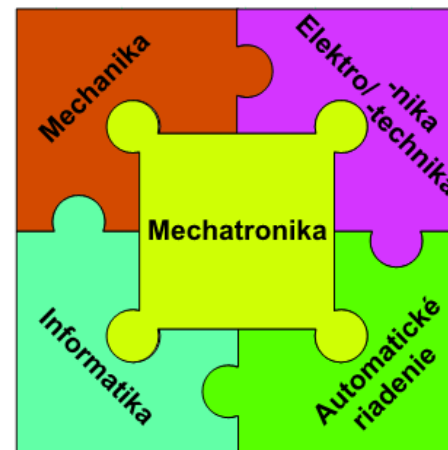
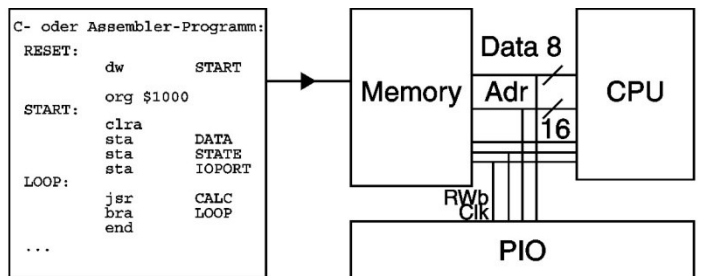
semiaktívne zavesenie kolies

system prispôsobuje parametre tmiča na aktuálne jazdné podmienky a odpovedajúcu situáciu



# 1. Mechanika v mechatronike

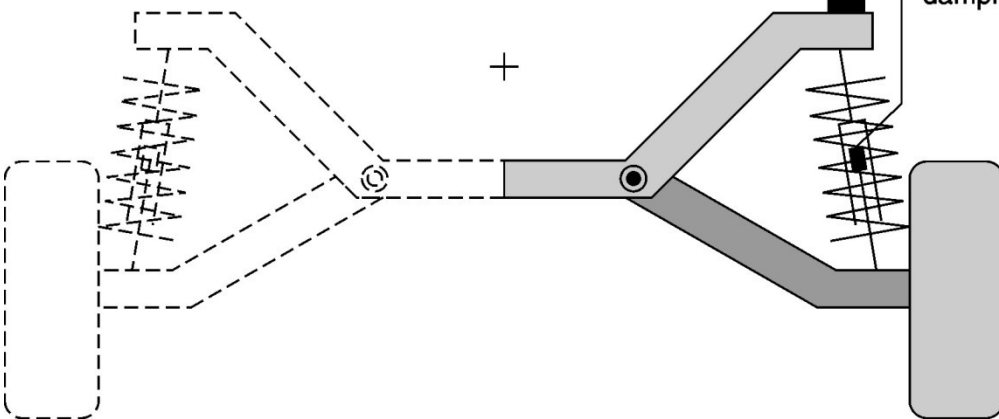
## Príklad prepojenia odborov



semiaktívne zavesenie kolies

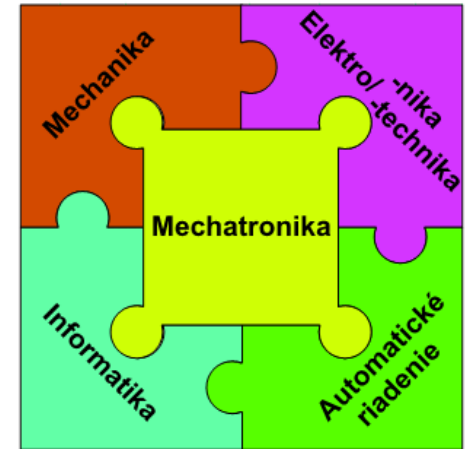
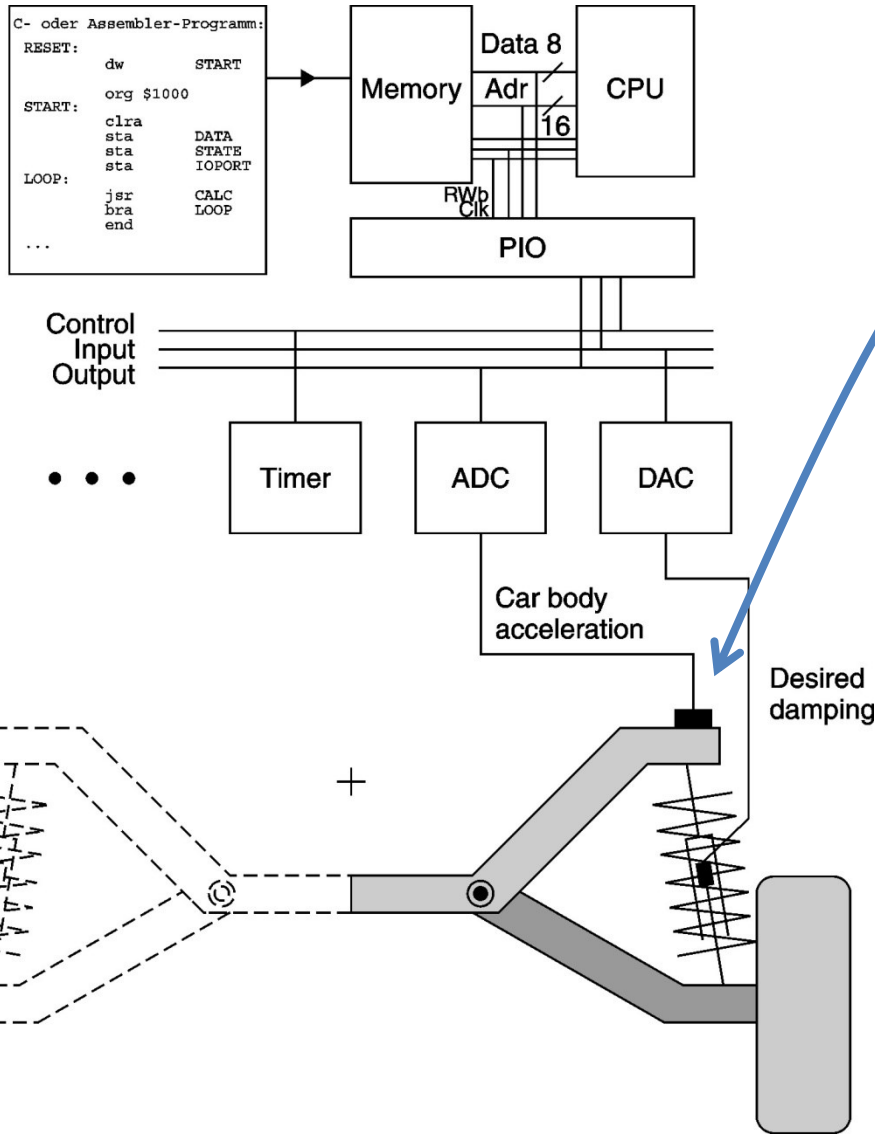
Desired damping

pri aktívnom zavesení kolies sily môžu byť aplikované napr. hydraulicky, aby sa zvýšil komfort a bezpečnosť, táto sila napomáha koleso napr. zdvihnúť, aby sa minimalizoval vertikálny pohyb auta



# 1. Mechanika v mechatronike

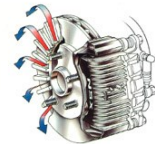
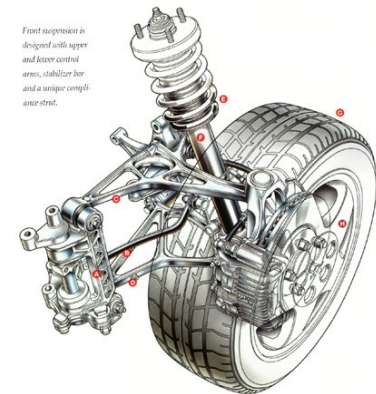
## Príklad prepojenia odborov



Coil-over shock absorbers are nitrogen gas filled and use a progressive-opening valve system.



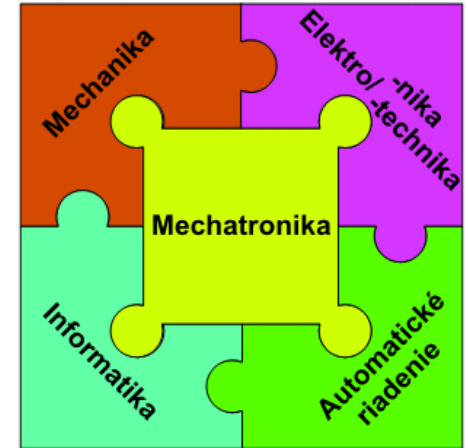
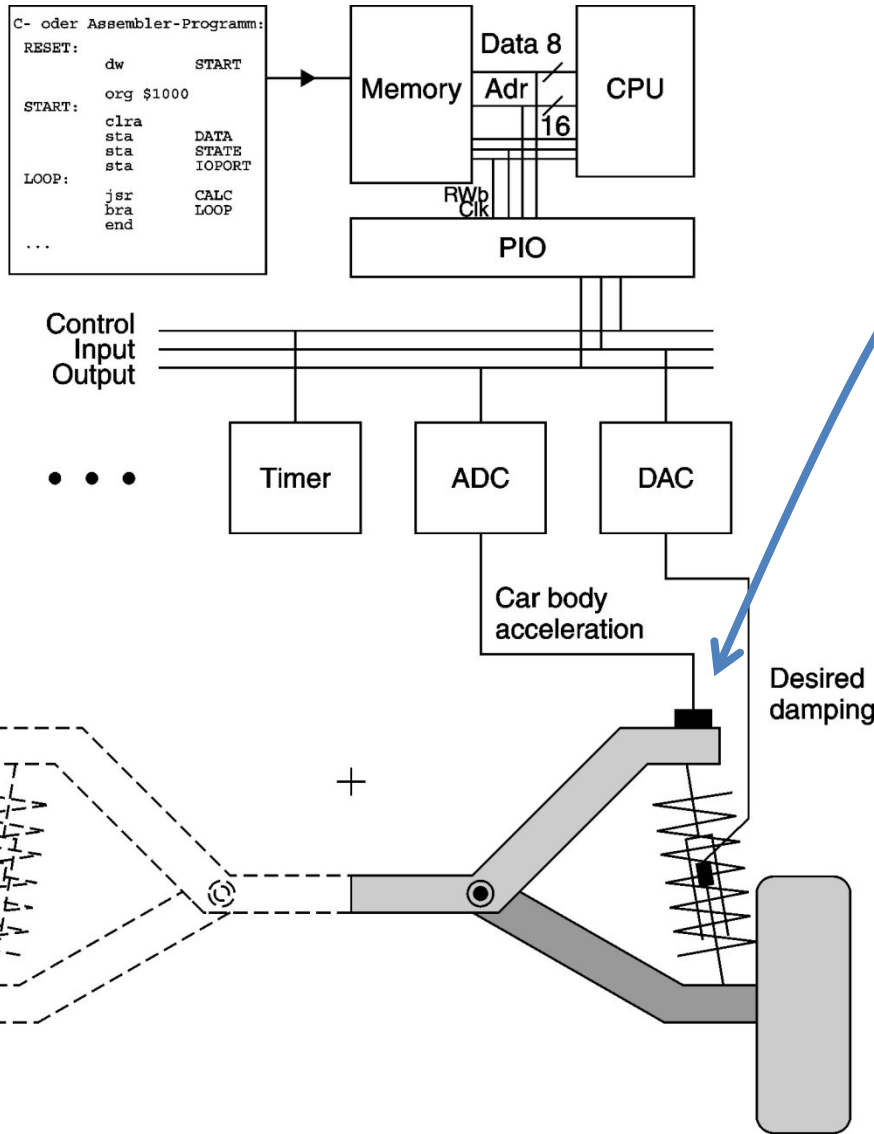
Front suspension is designed with upper and lower control arms, stabilizer bar and a unique compliance strut.



Four-wheel vehicles of disc brakes with dual piston front calipers provide exceptional stopping power.

# 1. Mechanika v mechatronike

## Príklad prepojenia odborov

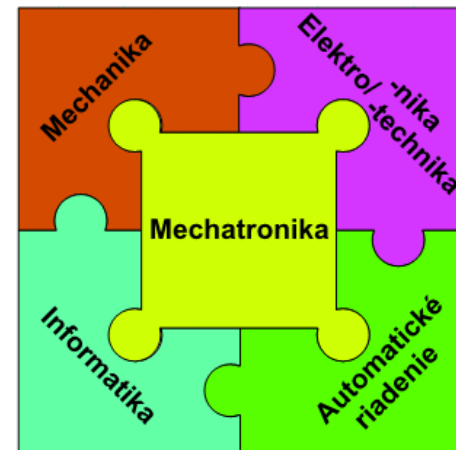
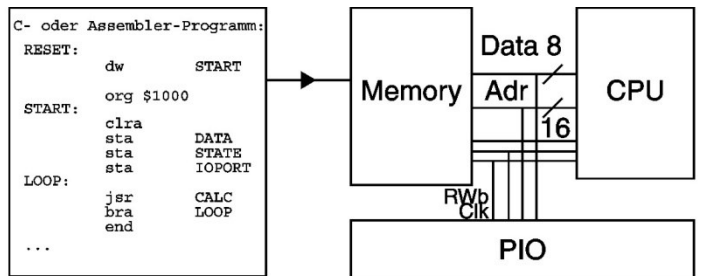


pohybové rovnice, napr.  
pomocou Lagrangeových  
rovníc

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} - \frac{\partial L}{\partial q_j} + \frac{\partial R_D}{\partial \dot{q}_j} = \tilde{\zeta}_j, \quad j = 1, \dots, n$$

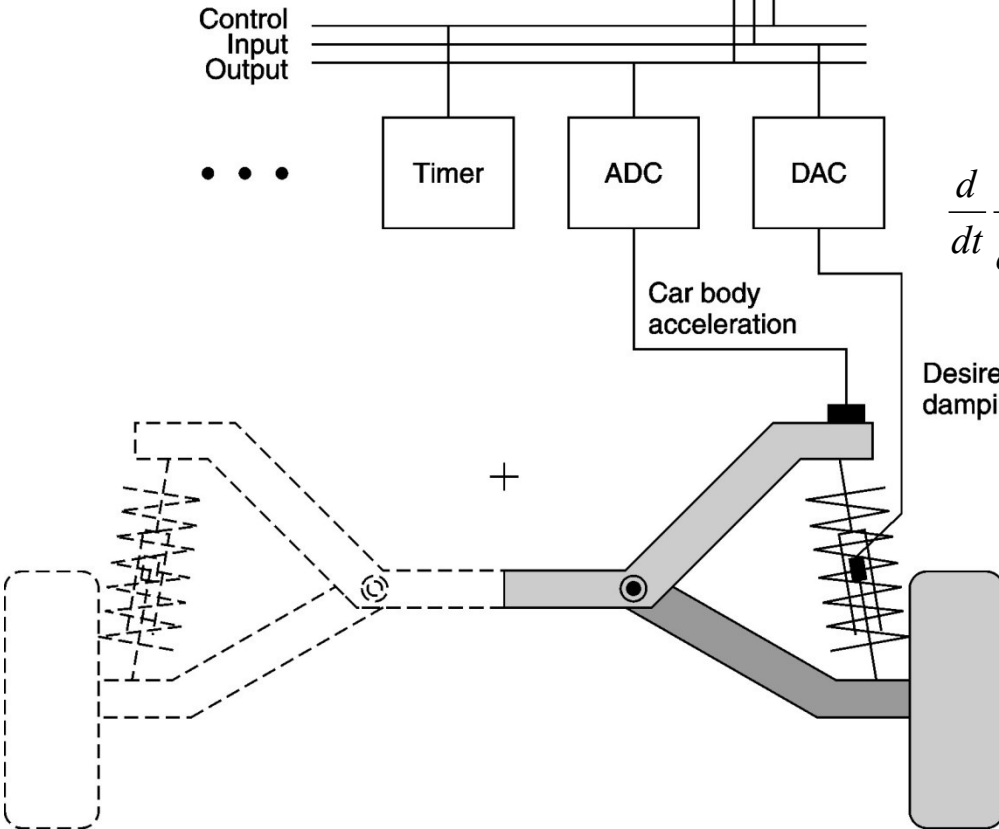
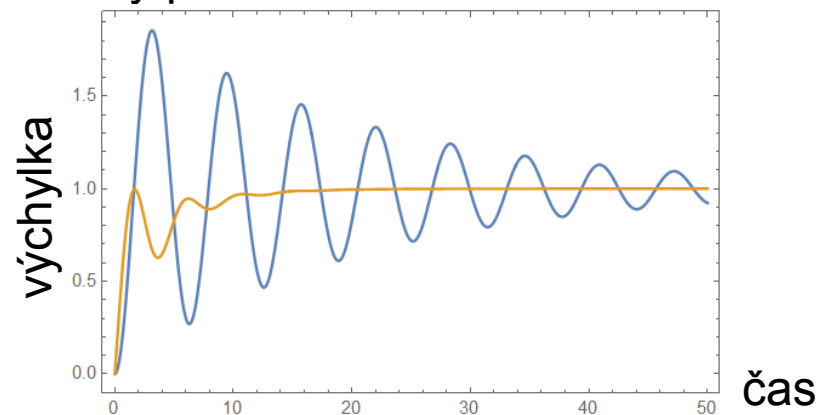
# 1. Mechanika v mechatronike

## Príklad prepojenia odborov



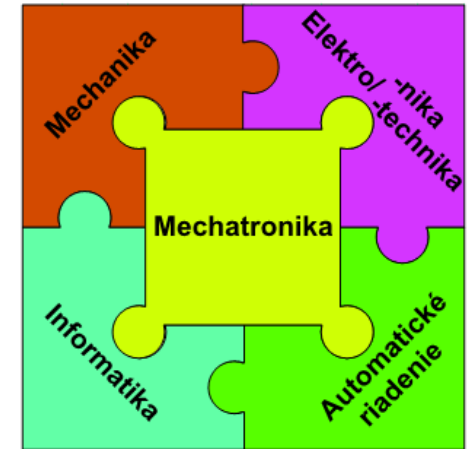
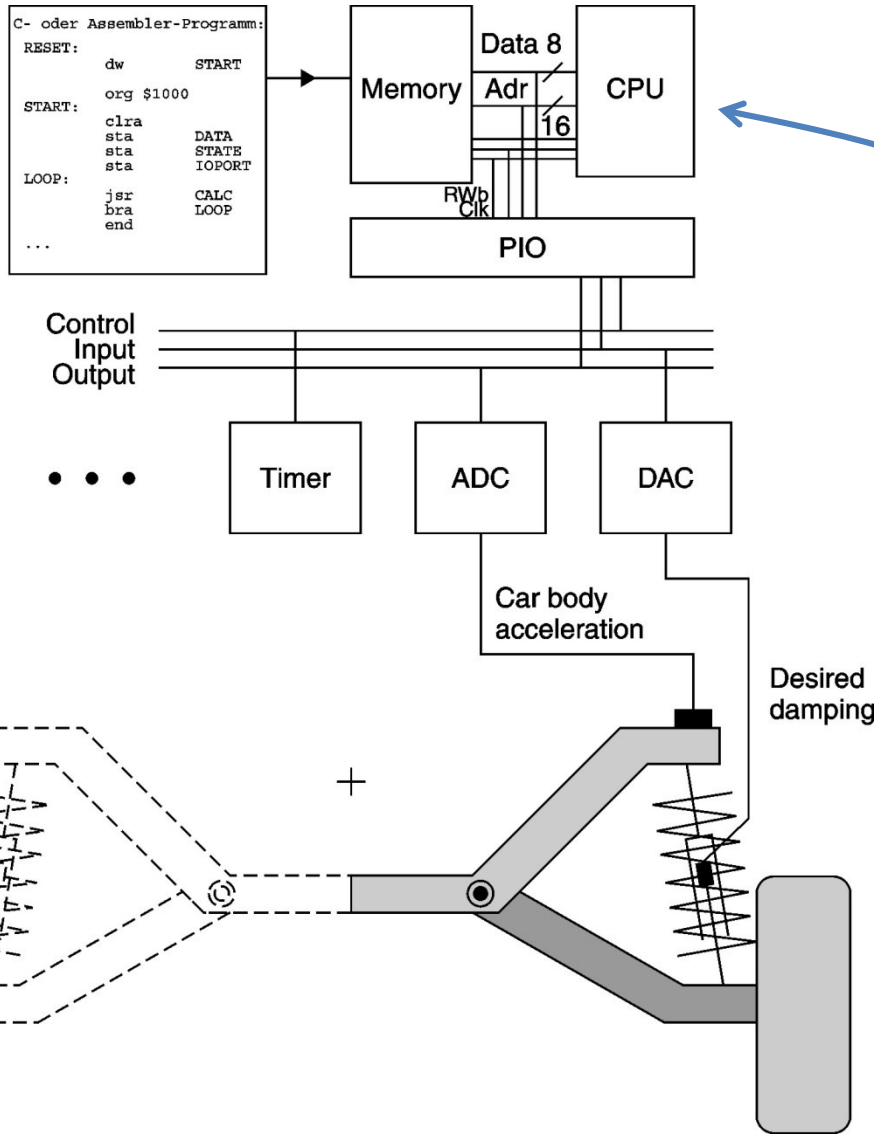
$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} - \frac{\partial L}{\partial q_j} + \frac{\partial R_D}{\partial \dot{q}_j} = \tilde{\zeta}_j, \quad j = 1, \dots, n$$

PID, nelineárne riadenie,  
stavový priestor



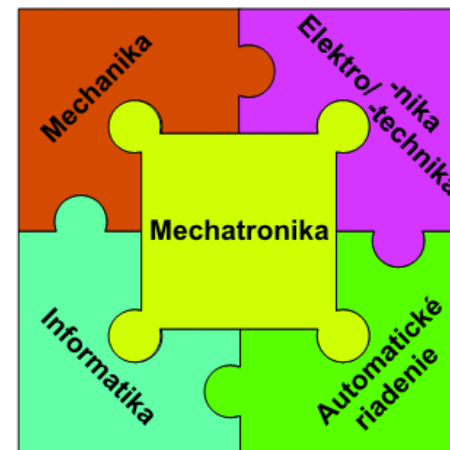
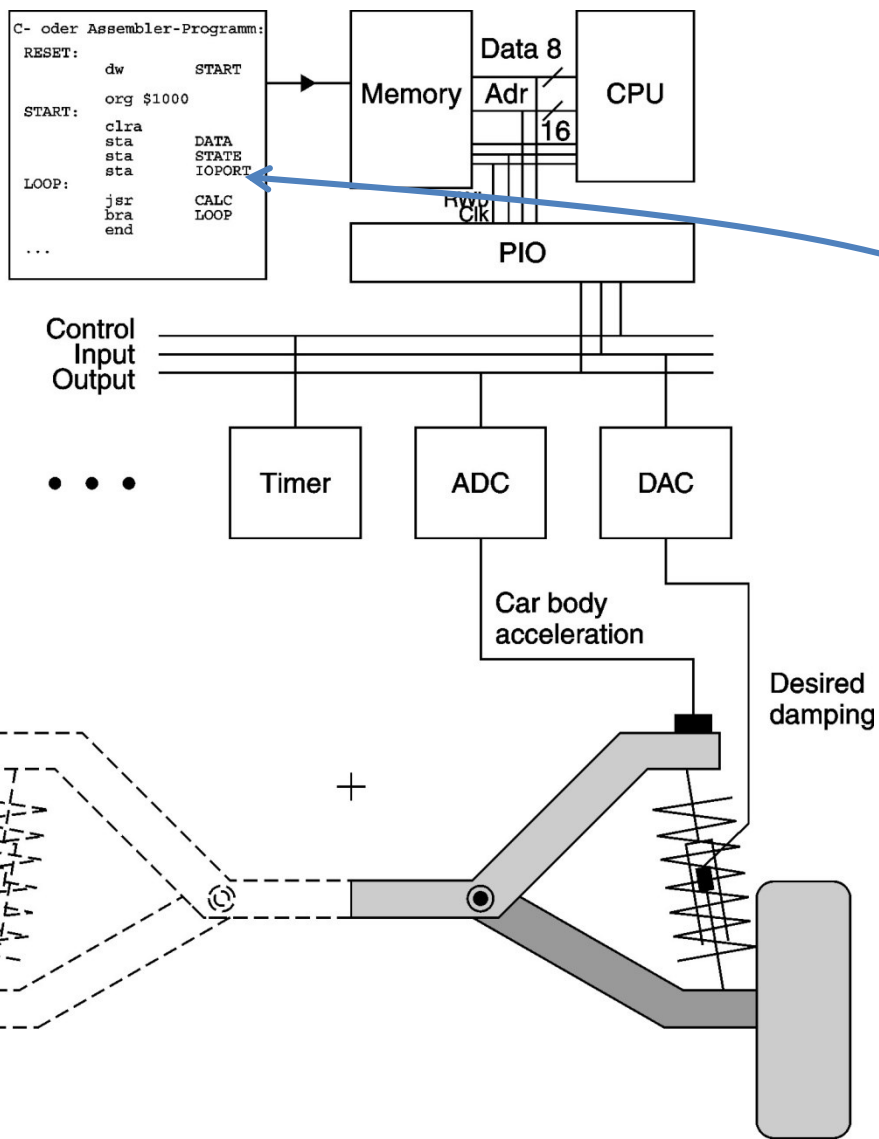
# 1. Mechanika v mechatronike

## Príklad prepojenia odborov



# 1. Mechanika v mechatronike

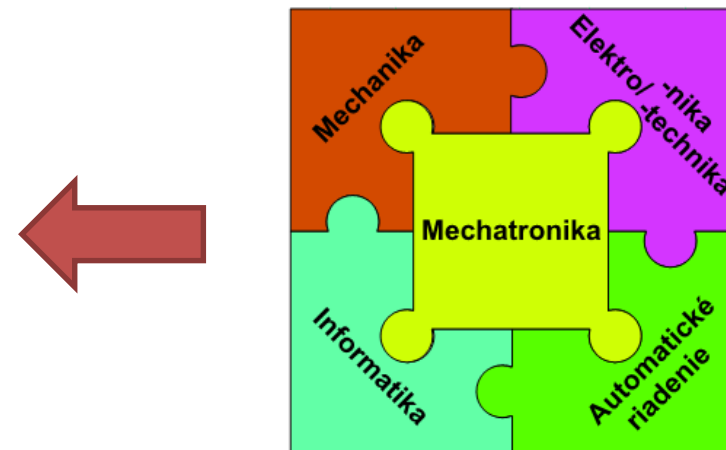
## Príklad prepojenia odborov



programovanie v C,  
pretransformované do  
Assembleru a potom do  
strojového kódu

# 1. Mechanika v mechatronike

## Príklad prepojenia odborov



- mechanika letu
- termomechanika, aerodynamika, chémia
- riadenie dodávky paliva a riadenie letu
- programová realizácia letovej dráhy



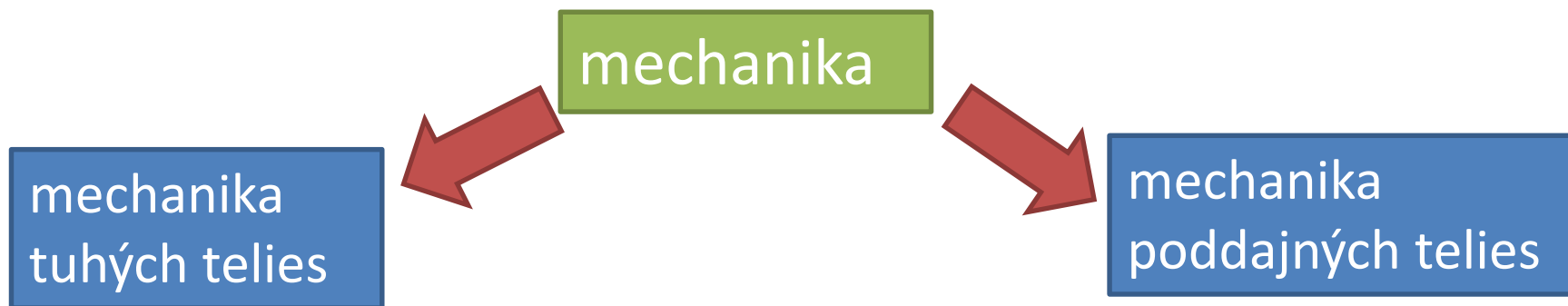
# 1. Mechanika v mechatronike

Príklad prepojenia odborov



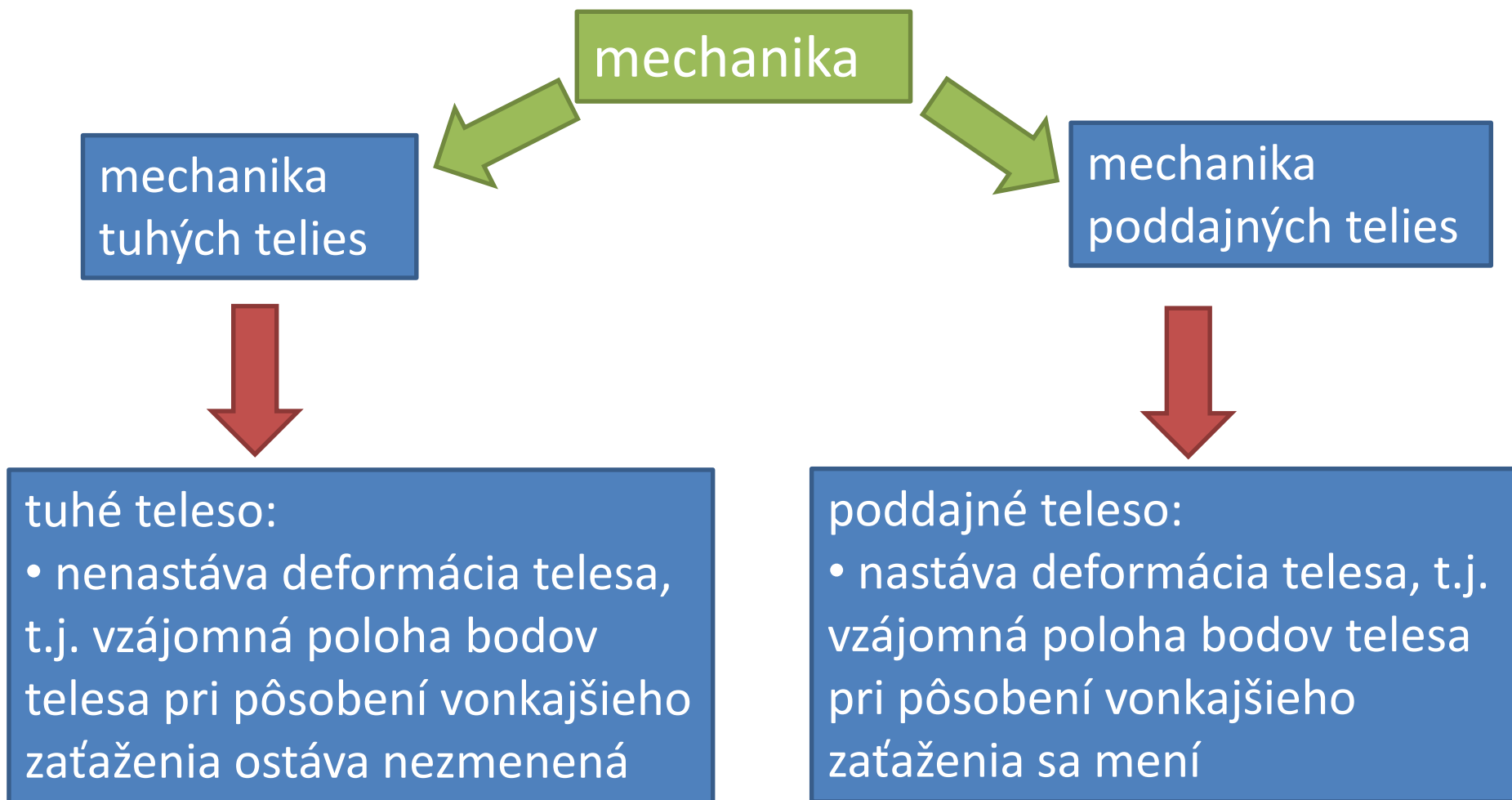
## 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa



## 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa



# 2. Rozdelenie mechaniky

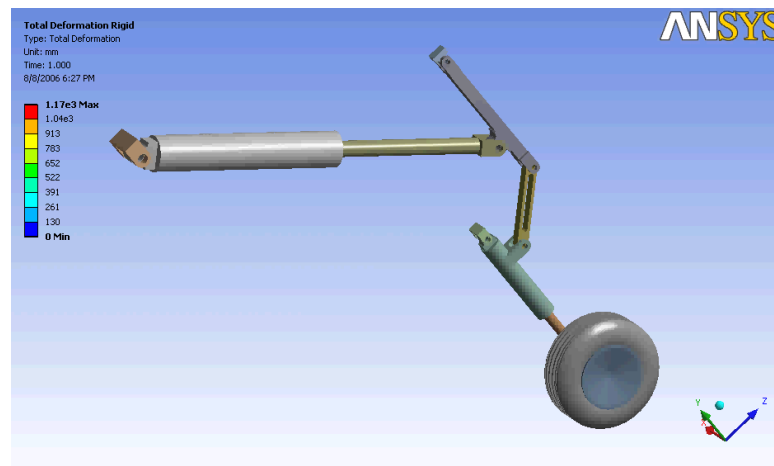
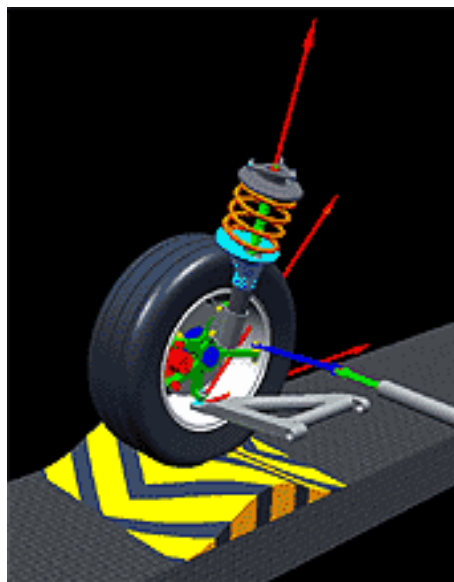
Podľa poddajnosti telesa

mechanika

mechanika  
tuhých telies

mechanika  
poddajných telies

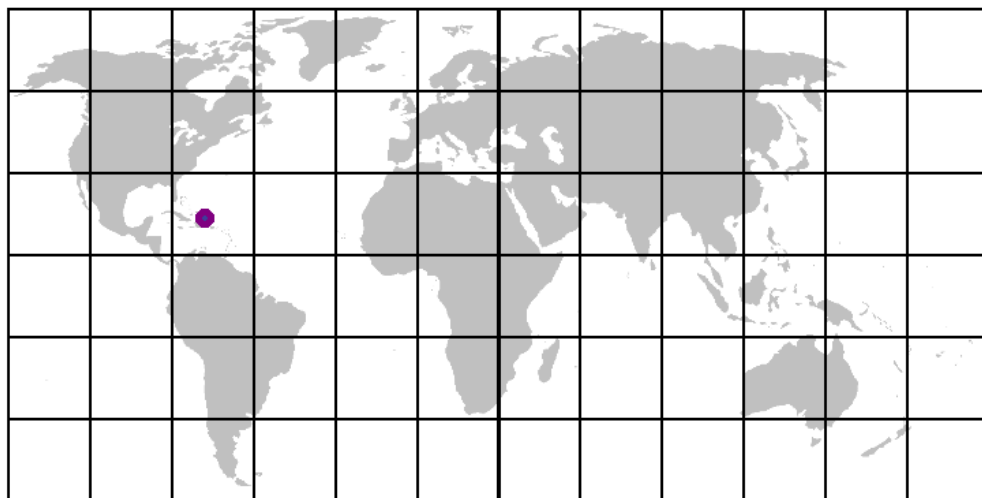
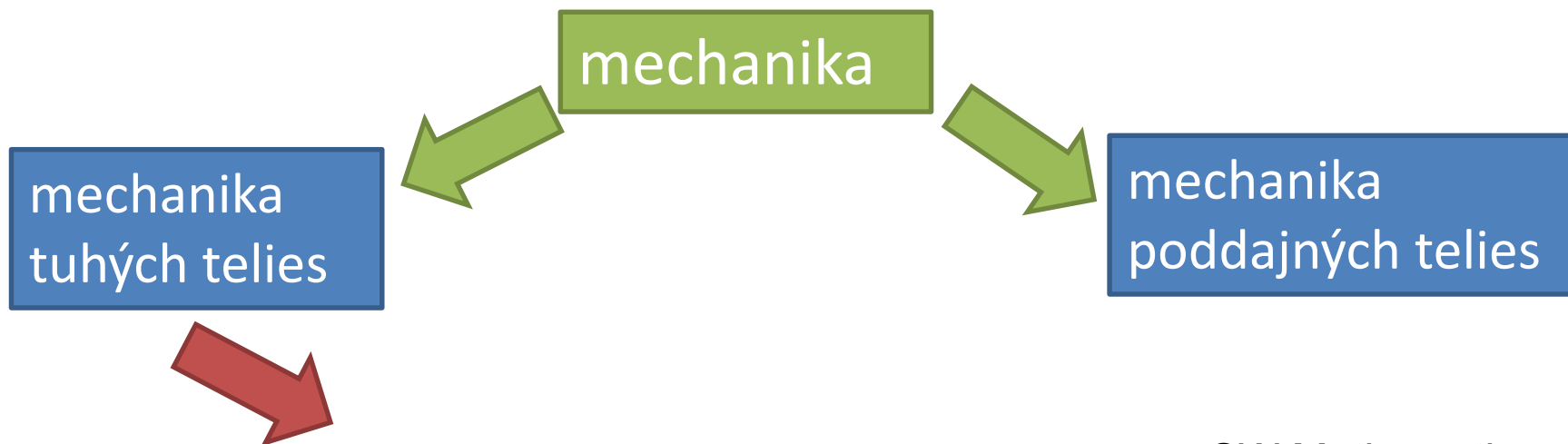
SW Adams



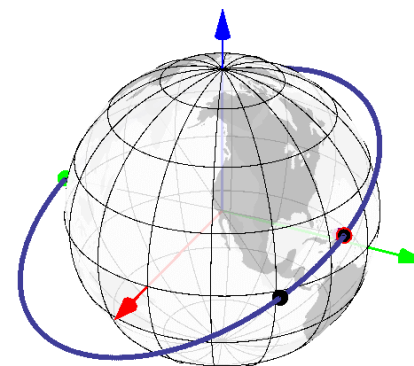
SW Ansys

# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa

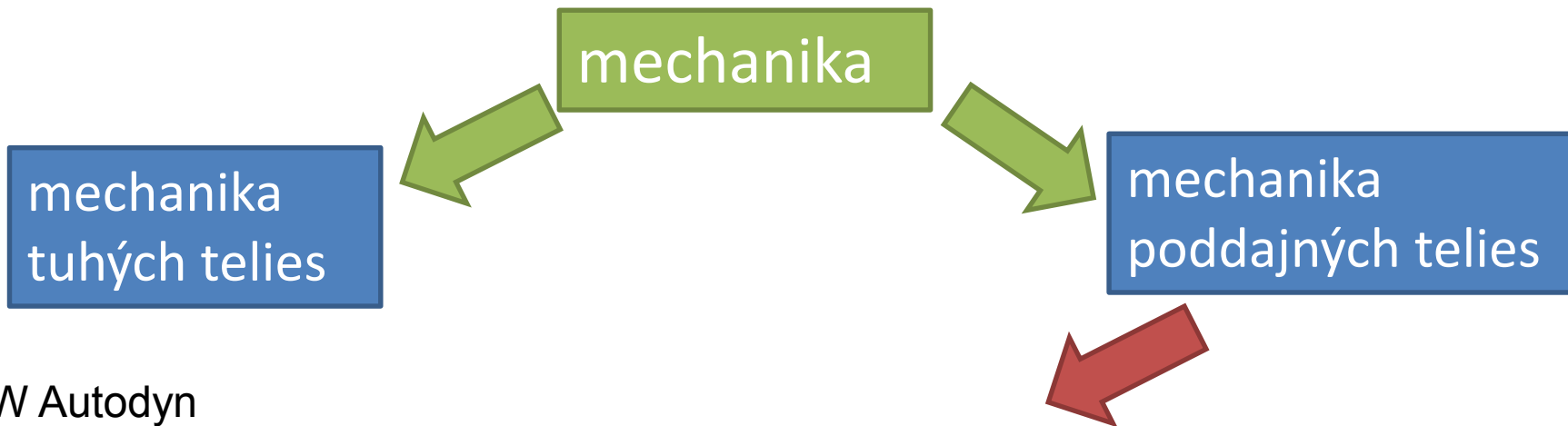


SW Mathematica



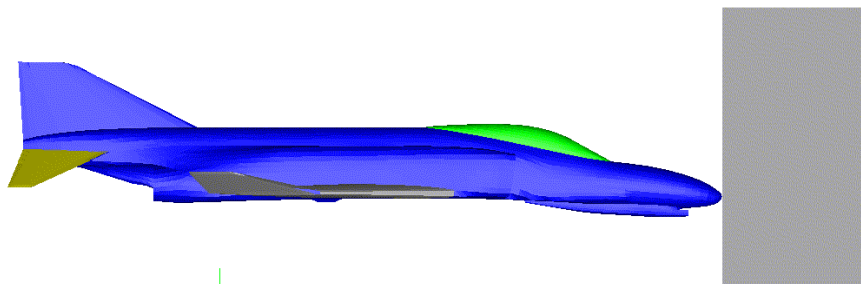
# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa



SW Autodyn

AUTODYN-3D v5.0 from Century Dynamics



f4-full-model2a  
Cycle 0  
Time 0.000E+000 ms  
Units mm, kg, ms

F4 Phantom Impacting Reinforced Concrete



# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa

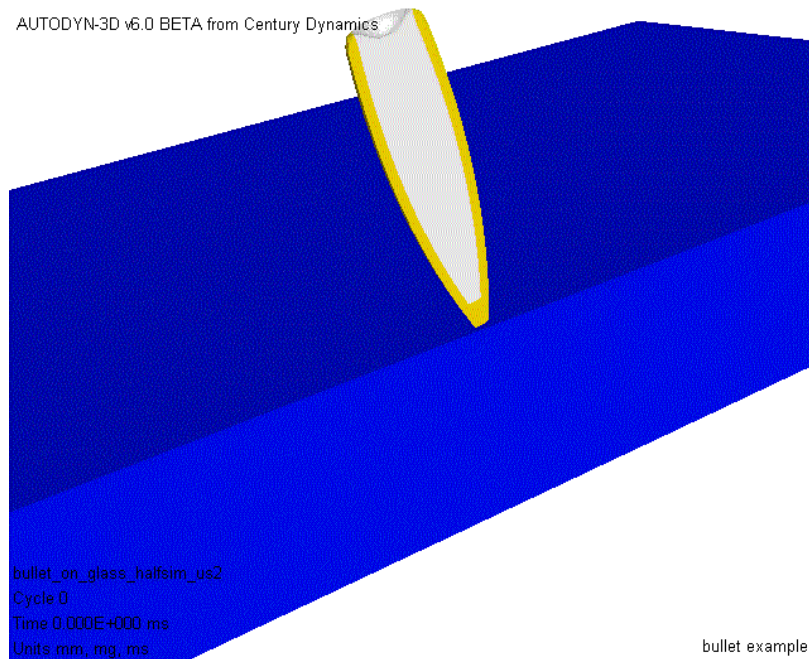
mechanika

mechanika  
tuhých telies

mechanika  
poddajných telies

SW Autodyn

AUTODYN-3D v6.0 BETA from Century Dynamics



# 2. Rozdelenie mechaniky

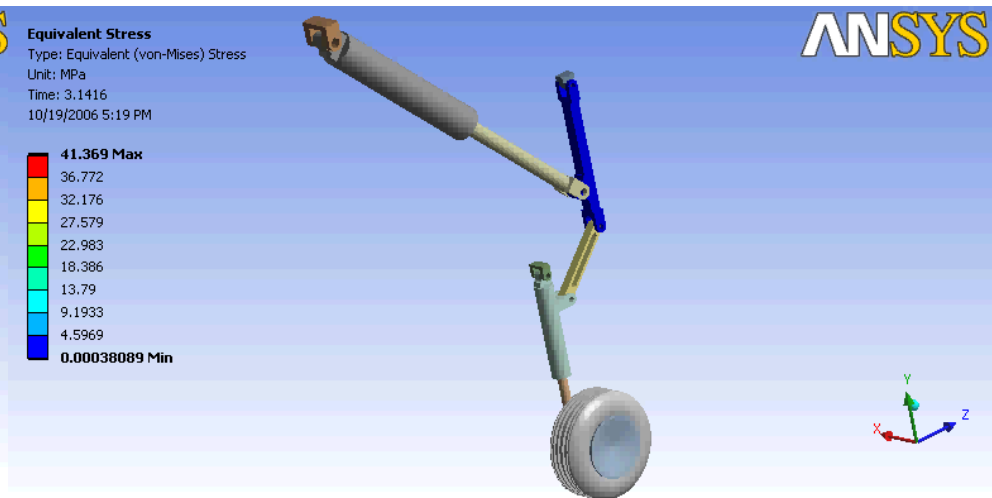
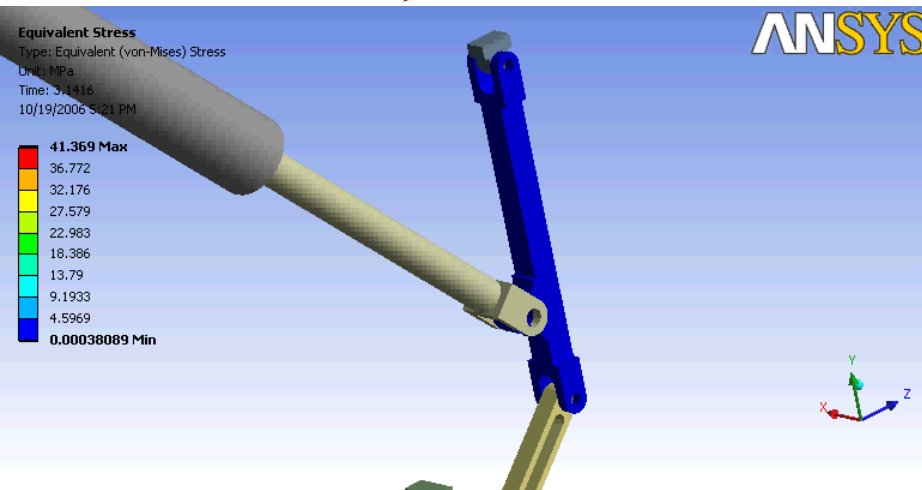
Podľa poddajnosti telesa

mechanika

mechanika  
tuhých telies

mechanika  
poddajných telies

SW Ansys



# 2. Rozdelenie mechaniky

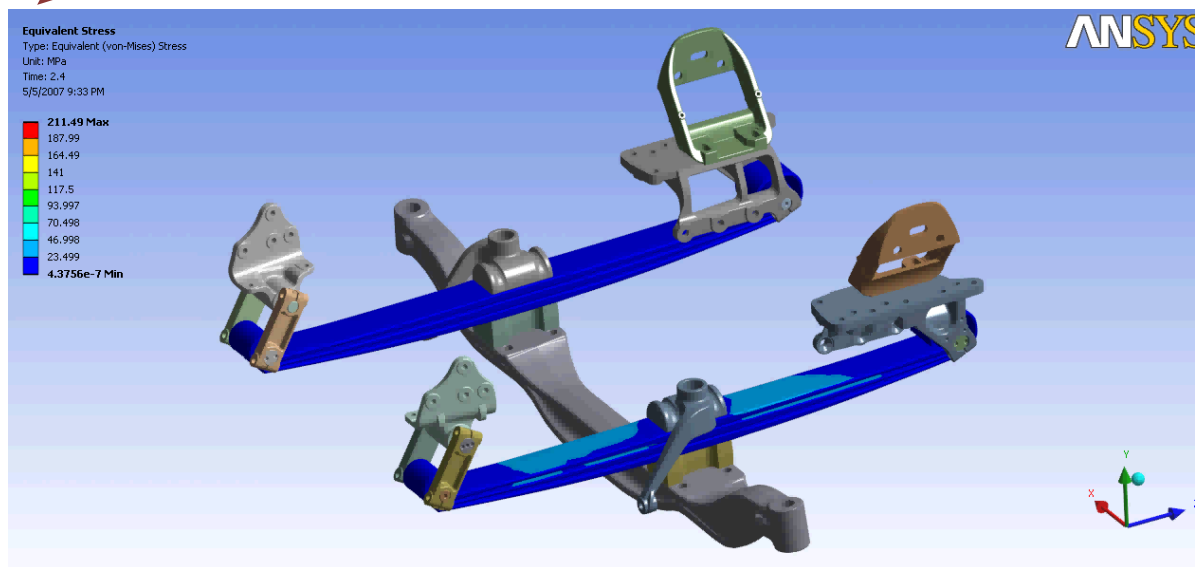
Podľa poddajnosti telesa

mechanika

mechanika  
tuhých telies

mechanika  
poddajných telies

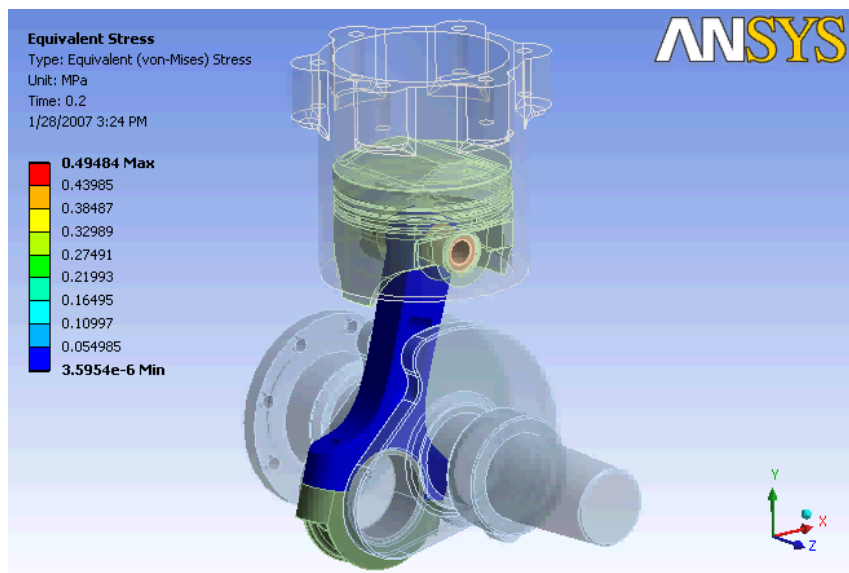
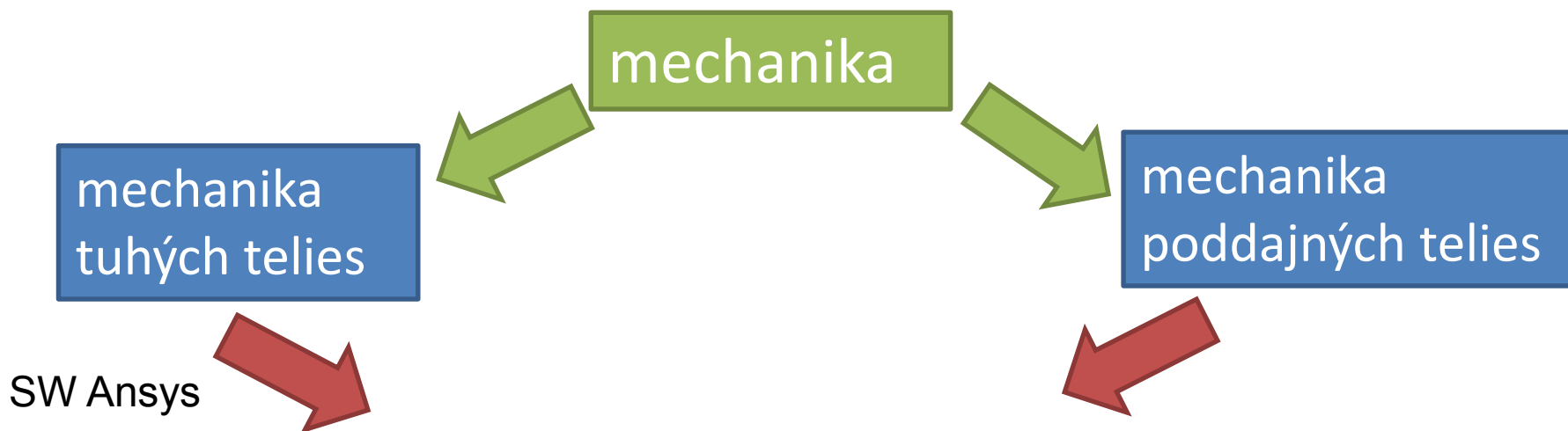
SW Ansys





# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa



# 2. Rozdelenie mechaniky

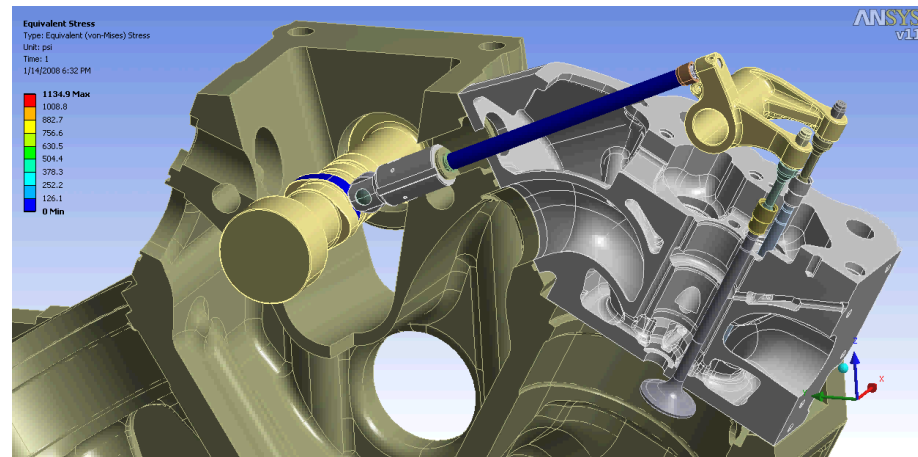
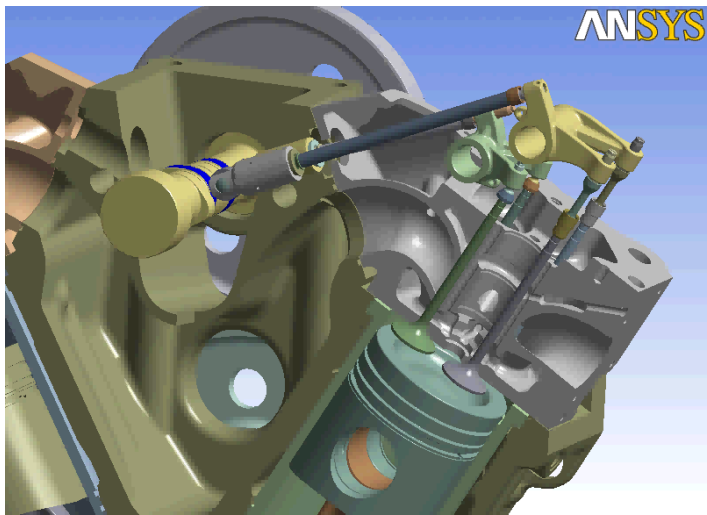
Podľa poddajnosti telesa

mechanika

mechanika  
tuhých telies

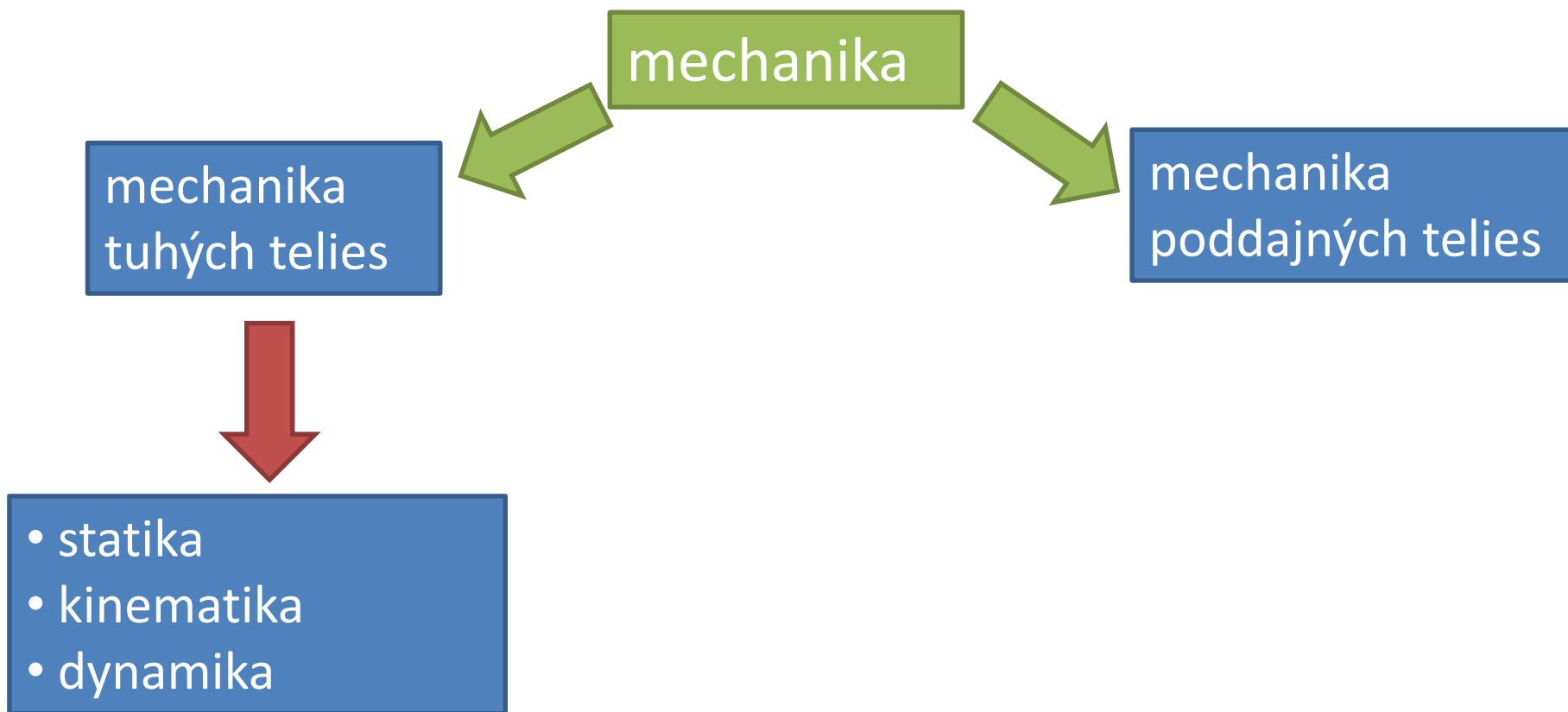
mechanika  
poddajných telies

SW Ansys



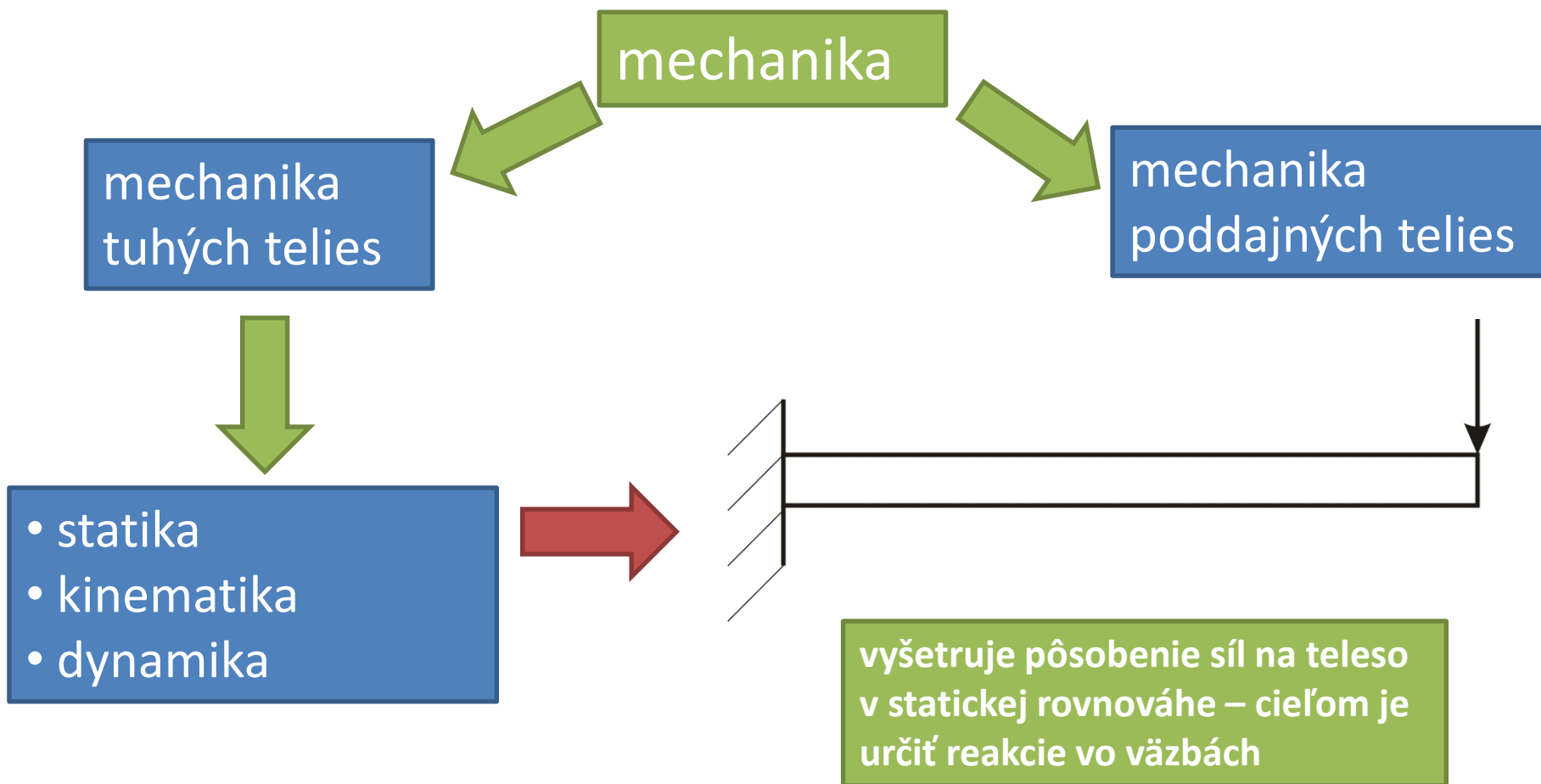
## 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa



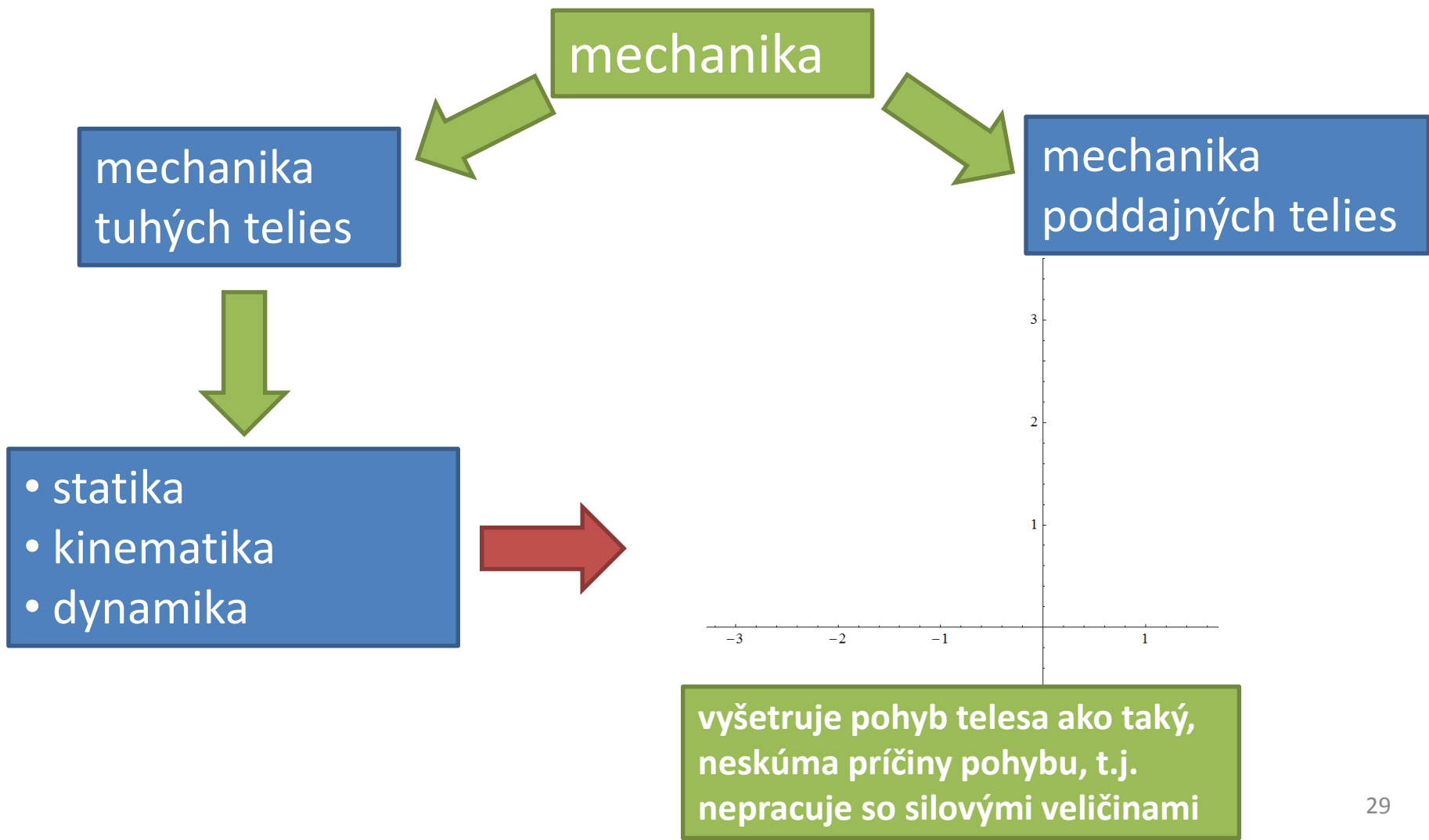
# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa



# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa



# 2. Rozdelenie mechaniky

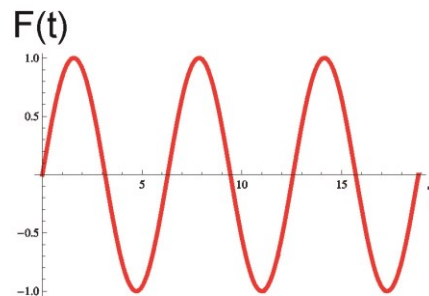
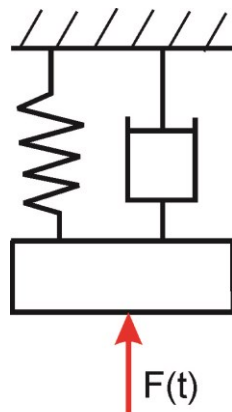
Podľa poddajnosti telesa

mechanika

mechanika  
tuhých telies

mechanika  
poddajných telies

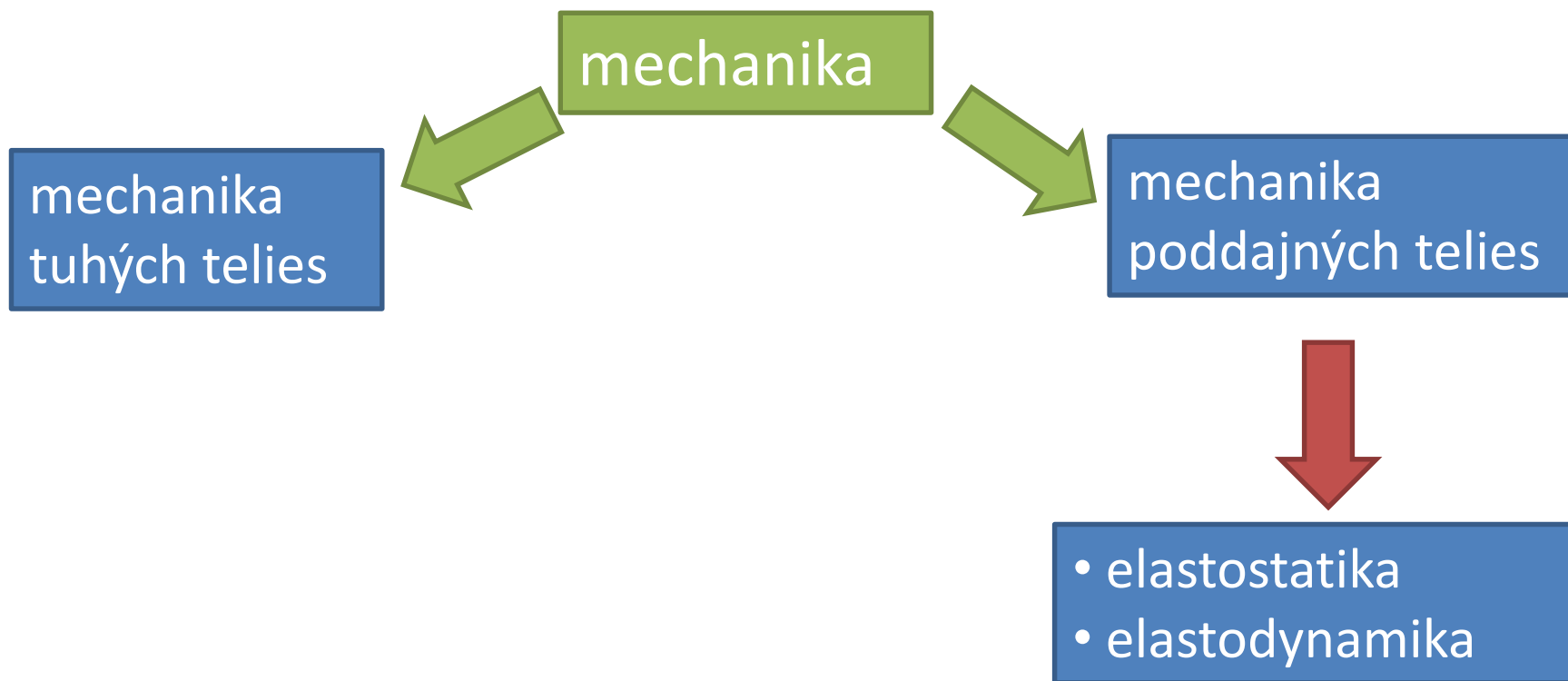
- statika
- kinematika
- dynamika



vyšetruje pohyb telesa z  
hľadiska pôsobiacich síl  
na teleso

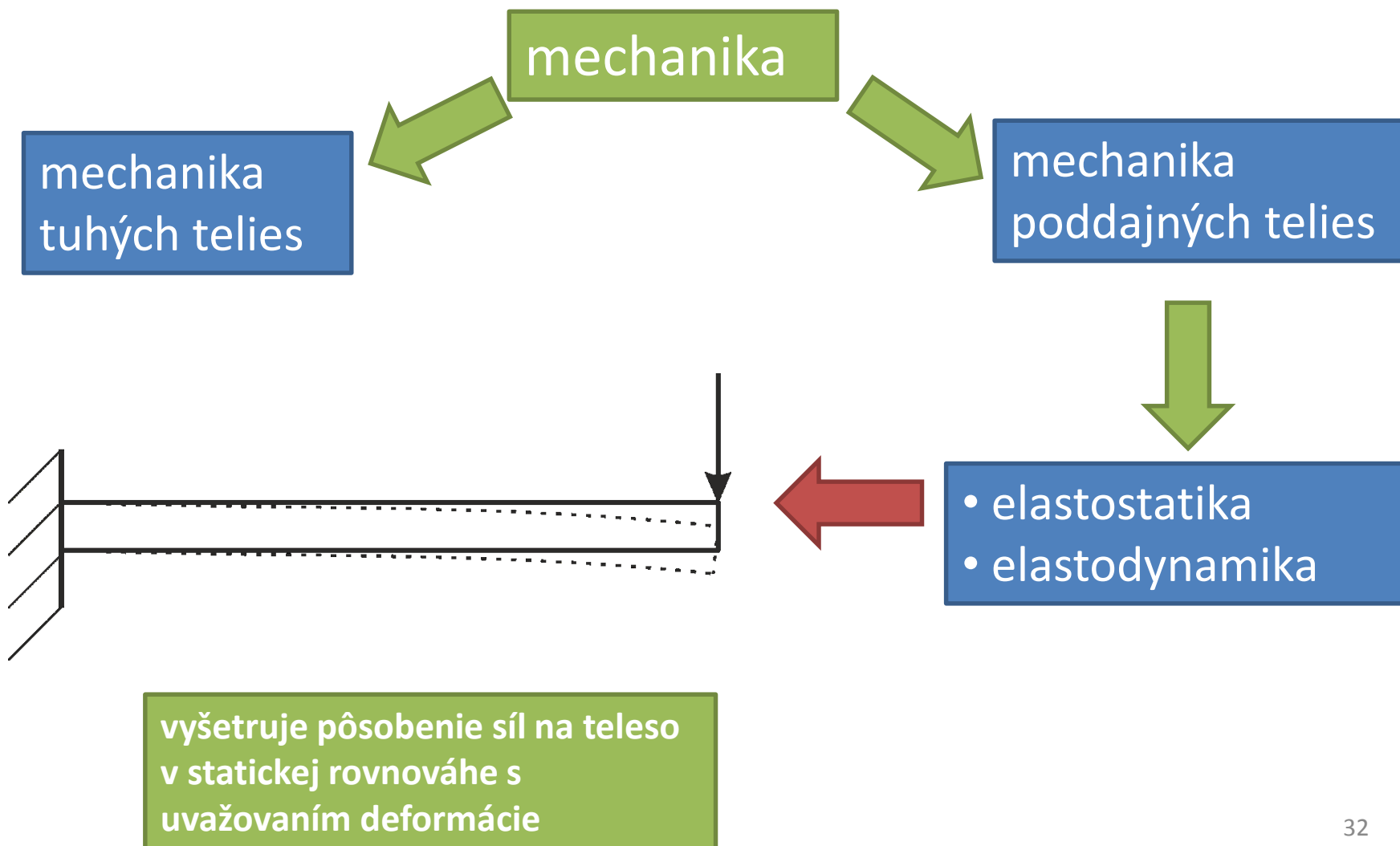
# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa



# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa





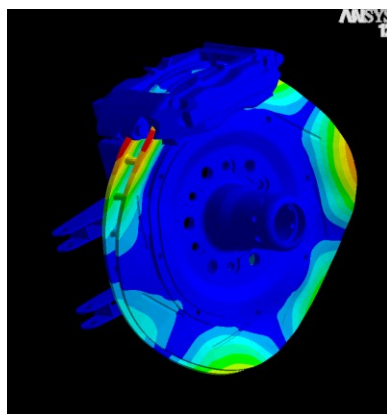
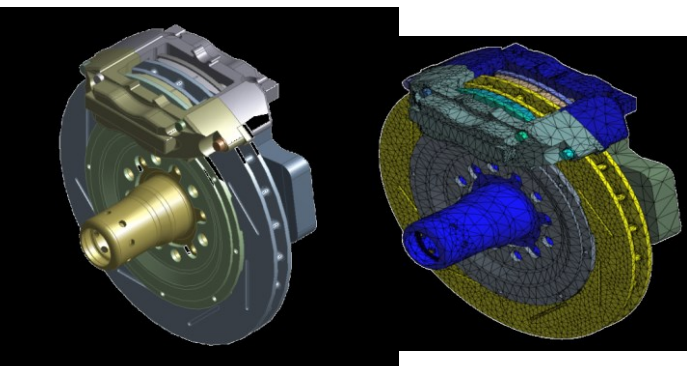
# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa poddajnosti telesa

mechanika

mechanika  
tuhých telies

mechanika  
poddajných telies

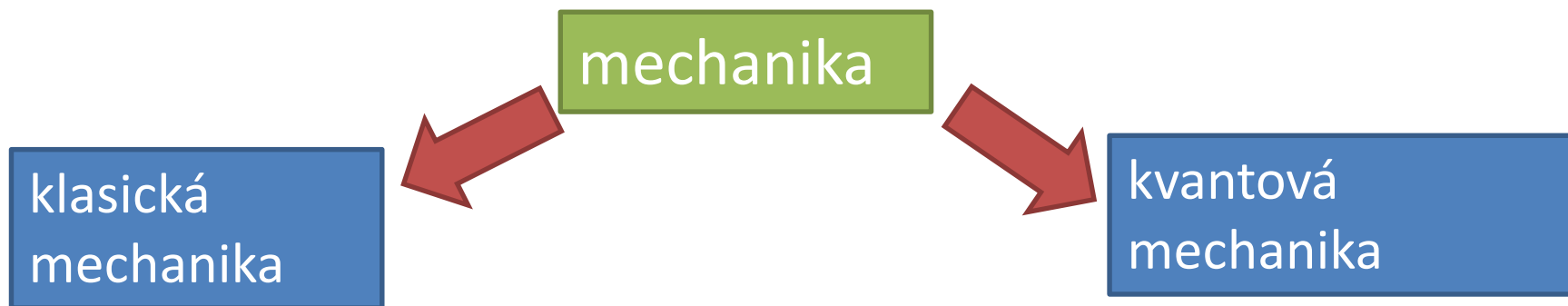


- elastostatika
- elastodynamika

vyšetruje pohyb telesa z hľadiska pôsobiacich síl na teleso s uvažovaním deformácie telesa

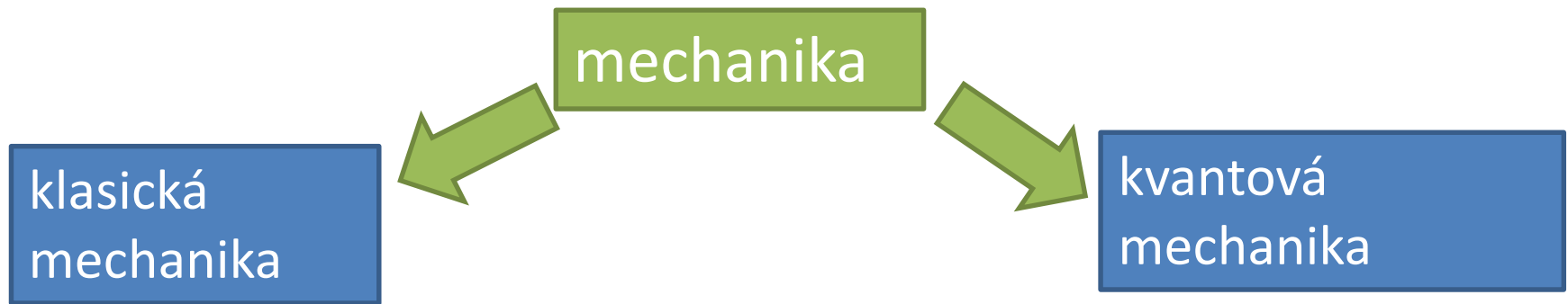
## 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa mikro-makro úrovni

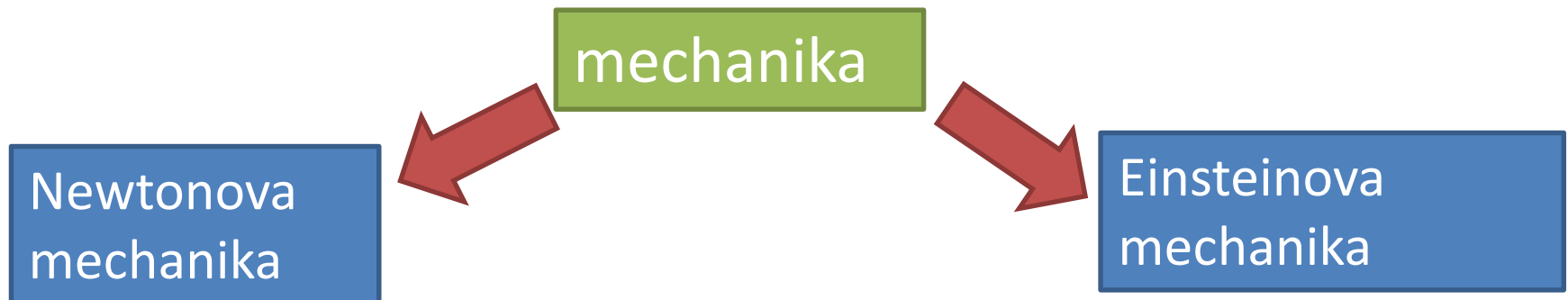


# 2. Rozdelenie mechaniky

Podľa mikro-makro úrovni



Podľa rýchlosti skúmaného telesa



# 2. Rozdelenie mechaniky

## Klasická mechanika

- klasickú mechaniku môžeme deliť:
  - Newtonova mechanika – klasické odvodenie rovníc
  - Lagrangeova mechanika – teoretická mechanika
  - Hamiltonova mechanika – teoretická mechanika
  - nebeská mechanika – pohyb planét
  - astrodynamika – pohyb rakiet
  - akustika – šírenie zvuku v prostrediach
  - mechanika tuhých telies
  - mechanika kontinua
  - biomechanika
  - ....

# 3. Cieľ predmetu

- Venovať sa dokonale tuhým telesám, t.j. nebudú sa uvažovať pružné vlastnosti telies – tomu sa venujú predmety v Ing. štúdiu
- Vyšetrovať kinematiku a dynamiku hmotných bodov a dokonale tuhých telies najmä v 2D
- Naučiť sa zostaviť pohybové (t.j. dynamické) rovnice systémov
- Naučiť sa vyriešiť pohybové rovnice – analyticky aj numericky
- Interpretovať získané výsledky

# 4. Obsah prednášok

1. Úvod do predmetu
2. Kinematika bodu
3. Kinematika telesa
4. Dynamika bodu – Newtonove zákony
5. Dynamika bodu – práca, energia, ZZE
6. Dynamika sústavy bodov
7. Lagrangeove rovnice II. druhu

# 4. Obsah prednášok

8. Voľné kmitanie systému s  $1^\circ$  voľnosti
9. Vynútené kmitanie systému s  $1^\circ$  voľnosti
10. Kmitanie systému s 2 stupňami voľnosti
11. Kmitanie systému s viac stupňami voľnosti
12. Záver, Info o skúške

# 5. Obsah cvičení

1. Intro do SW 1.
2. Intro do SW 2.
3. Intro do SW 3.
4. Kinematika bodu 1.
5. Kinematika bodu 2.
6. ZP1 (20 bodov), Dynamika bodu, 1 - Newton.
7. Dynamika bodu, 2 – Lagrangeove rovnice 1.
8. Dynamika bodu, 2 – Lagrangeove rovnice 2.



# 5. Obsah cvičení

9. Kmitanie 1.

10. Kmitanie 2.

11. Kmitanie 3.

12. ZP 2. (20 bodov)

# 6. Podmienky získania zápočtu a skúšky

- Zápočet:
  - aktívna účasť na cvičeniach
  - absolvovanie oboch ZP (max. 40)
- Skúška:
  - min. 56 bodov (ZP + skúška)

# 7. Základné pojmy

Tabuľa

- polohový vektor
- vzťažná sústava
- súradnicový systém
- spôsoby označovania veličín
- počet stupňov voľnosti – bod, teleso
- viazaný pohyb
- analýza a syntéza pohybu
- ukážka SW