

# Sissejuhatus mehhatroonikasse EEM3010

4. nädala loeng

Raavo Josepson  
raavo.josepson@taltech.ee

1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inertsiaalne ja mitteinertsiaalne taustsüsteem

**Inertsiaalne taustsüsteem** on selline taustsüsteem, kus kehtivad Newtoni seadused.

Kõik inertsiaalsed taustsüsteemid liiguvad üksteise suhtes konstantse kiirusega (absoluutväärtus ja suund).

**Mitteinertsiaalsed taustsüsteemid** on sellised taustsüsteemid, kus Newtoni I seadus ei kehti.

Mitteinertsiaalsed taustsüsteemid liiguvad inertsiaalsete taustsüsteemide suhtes kiirendusega.

Raavo Josepson

Sissejuhatus mehhatroonikasse

2

2

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ülesanne

Kas Maa on inertsiaalne või mitteinertsiaalne taustsüsteem?

Raavo Josepson

Sissejuhatus mehhatroonikasse

3

3

---

---

---

---

---

---

---

---

## Jõud

Jõud iseloomustab teiste kehade poolt antud kehale avaldatud mõju suurust ja suunda.

Jõu ühik SI süsteemis on njuuton, N.

Raivo Jõepeon

Siseregulatsiooniklass

4

4

---

---

---

---

---

---

---

---

## Newtoni seadused

1. Kui kehale ei mõju jõudusid või kehale mõjuv resultantjõud on 0, siis keha liigub konstantse kiirusega (absoluutväärtus kui ka suund).

2. Kehale mõjuv resultantjõud on võrdne keha massi ja kiirenduse korrutisega.

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a}$$
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{res}}{m}$$

3. Kaks keha mõjutavad teineteist absoluutväärtuselt võrdselt kuid vastassuunaliste jõududega.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Raivo Jõepeon

Siseregulatsiooniklass

5

5

---

---

---

---

---

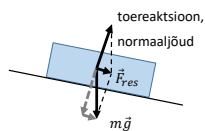
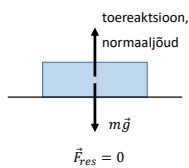
---

---

---

## Keha kaal (ei ole massi sünonüüm)

Keha kaal näitab kui suure jõuga mõjutab keha toetuspinna või riputuspunkti.



Raivo Jõepeon

Siseregulatsiooniklass

6

6

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ülesanne

Kuidas muutub keha mass ja kaal liftis, mis hakkab sõitma ülesse või alla?

Raivo Jõepeon

Siseregulatsiooniklass

7

7

---

---

---

---

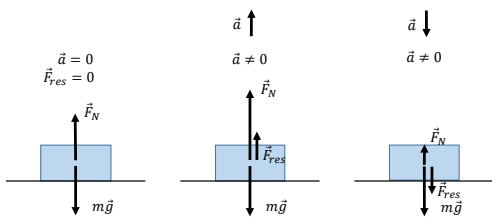
---

---

---

---

## Keha kaal üles/alla liikumisel



Raivo Jõepeon

Siseregulatsiooniklass

8

8

---

---

---

---

---

---

---

---

## Impulss ehk liikumishulk

$\vec{p} = m\vec{v}$ ,  
kus  $\vec{p}$  on keha impulss (ühik SI süsteemis  $\frac{kg \cdot m}{s}$ ),  
 $m$  on keha mass,  
 $\vec{v}$  on keha kiirus.

Leiame impulsi tuletise aja järgi

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt} m\vec{v} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a} = \vec{F}$$

Impulsi muutumise kiirus ajas on võrdne kehale mõjuva jõuga.

### Impulsi jäävuse seadus

Kui süsteemile ei mõju välised jõudusid või välised jõud on tasakaalus, siis süsteemi impulsi muutus on 0 ehk süsteemi koguimpulss on jääv.

Raivo Jõepeon

Siseregulatsiooniklass

9

9

---

---

---

---

---

---

---

---

## Hõõrdumine

Hõõrdejõud on alati vastassuunas keha liikumise suunaga.

### Liughõõre

$$|\vec{F}_{HL}| = \mu_L |\vec{F}_{kokku}|$$

$|\vec{F}_{HL}|$  - liikumishõõrdejõu moodul

$\mu_L$  - liikumishõõrdetegur

$|\vec{F}_{kokku}|$  - pindasid kokku suruva jõu moodul

### Seisuhõõre

$$|\vec{F}_{HS,max}| = \mu_S |\vec{F}_{kokku}|$$

$|\vec{F}_{HS,max}|$  - maksimaalse seisuhõõrdejõu moodul

$\mu_S$  - seisuhõõrdetegur

$|\vec{F}_{kokku}|$  - pindasid kokku suruva jõu moodul

$$|\vec{F}_{HL}| < |\vec{F}_{HS,max}|$$

Raivo Jõepeoni

Siseregulatsiooniklass

10

10

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ülesanne

Kumba on lihtsam teha, kas kärü või kelku lükata või tõmmata ja miks?

Raivo Jõepeoni

Siseregulatsiooniklass

11

11

---

---

---

---

---

---

---

---

## Takistusjõud

Keskonna takistusjõud on väikestel kiirustel võrdeline keha kiirusega ja suuritel võrdeline keha kiiruse ruuduga.

Õhus liikuvale mitte pikliku kehale (näiteks pall) mõjuv takistusjõud avaldub järgmiselt

$$F_{takistus} = \frac{1}{2} C_D \rho S v^2,$$

kus  $C$  on takistustegur (sõltub kehast),  $\rho$  on õhu tihedus,  $S$  on efektiivne ristlõige (kiirusega risti oleva ristlõike pindala) ja  $v$  on keha kiirus.

Langev keha saavutab lõppkiiruse siis, kui takistavad jõud saavad sama suureks, kui kiirendavad jõud.

Raivo Jõepeoni

Siseregulatsiooniklass

12

12

---

---

---

---

---

---

---

---

### Allalibiseva keha kiirendus

Arvestades ainult liughõõret, saame moodulkujul

$$F_{res} = mg \sin \alpha - F_{liig}$$

$$F_{res} = mg \sin \alpha - \mu F_N$$

$$F_{res} = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

Arvutame välja kiirenduse

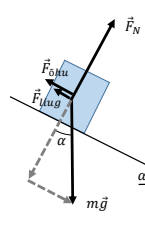
$$a = \frac{F_{res}}{m} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

Lisades ka õhutakistuse, saame

$$F_{res} = mg \sin \alpha - F_{liig} - F_{õhu}$$

$$F_{res} = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha - \frac{1}{2} C_D \rho S v^2$$

Arvutame välja kiirenduse

$$a = \frac{F_{res}}{m} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha - \frac{1}{2} \frac{C_D S v^2}{m}$$


Raavo Joosepson Sissejuhatus mehaanikaõppeklassis 13

13

---

---

---

---

---

---

---

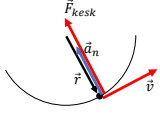
---

---

---

### Kõverjooneline liikumine

- Kõverjoonelisel liikumisel on alati normaal- ehk kesktõmbekiirendus.
- Normaalkiirendust põhjustab kesktõmbejõud.
- Kesktõmbejõudu ( $\vec{F}_{kesk}$ ), kui eraldisesivat jõudu, ei eksisteeri. Selle rolli võivad täita väga erinevad jõud (näiteks hõõrdejõud, niidi või trossi pinge, seina toeraktsioon jne).
- Ilma kesktõmbejõuta liiguks keha sirgjooneliselt.



Raavo Joosepson Sissejuhatus mehaanikaõppeklassis 14

14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ülesanne

Tihti libisevad raamatud auditooriumi laudadelt maha, kuna need on kaldu. Kui palju peaks raamatute kaalu tõstma (raamatuid üksteise otsa panema), et need hõõrdumise tõttu ei libiseks laualt maha.

Raavo Joosepson Sissejuhatus mehaanikaõppeklassis 15

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Iseseisev töö

Iseseisvalt uuesti läbi vaadata loengus käsitletud teemad ja neist aru saada. Lisaks õppida õpikust juurde:

- jõudude liigid;
- Newtoni seaduste rakendamine;
- hõõrdumine.

Seejärel ära lahendada iseseisvaks lahendamiseks jäätud ülesanded.

Õpik:

D. Halliday, R. Resnick, J. Walker. Füüsika põhikursus : õpik kõrgkoolile I köide. Eesti Füüsika Selts 2011 (Tallinn: Printon)  
§ 5.1-5.9, 6.1-6.5, 9.4-9.7

Raavo Josephson

Sisijuhatus mehhatrioonikasse

56

---

---

---

---

---

---

---

---