

Sissejuhatus mehhatroonikasse EEM3010

4. nädala loeng

Raavo Josepson
raavo.josepson@ttu.ee

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

Ülesanne

Kas Maa on inertsiaalne või mitteinertsiaalne taustsüsteem?

Raavo Josepson

Sissejuhatus mehhatroonikasse

3

Jõud

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

Jõu ühik SI süsteemis on njuuton, N.

Raavo Josepson

Sissejuhatus mehhatroonikasse

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 võrdsete kuid vastassuunaliste jõududega.

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

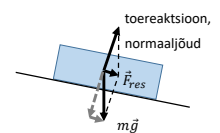
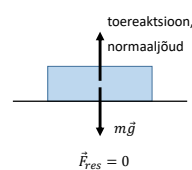
Raavo Josepson

Sissejuhatus mehhatroonikasse

5

Keha kaal (ei ole massi sünonüüm)

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



Raavo Josepson

Sissejuhatus mehhatroonikasse

6

Ülesanne

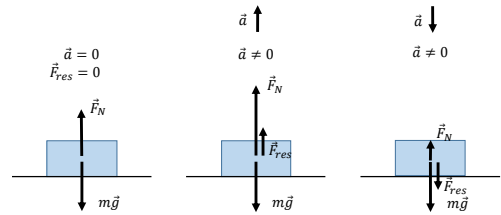
Kuidas muutub keha mass ja kaal liftis, mis hakkab sõitma ülesse või alla?

Raivo Jõepeon

Sisestatud mehatroonikasse

7

Keha kaal üles/alla liikumisel



Raivo Jõepeon

Sisestatud mehatroonikasse

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 kogimpulss on jääv.

Raivo Jõepeon

Sisestatud mehatroonikasse

9

Hõõrdumine

Hõõrdejõud on alati vastassuunas keha liikumise suunaga.

Liughõõre

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

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

μ_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

μ_S - seisuhõõrdetegur

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

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

Raivo Jõepeon

Sisestatud mehatroonikasse

10

Ülesanne

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

Raivo Jõepeon

Sisestatud mehatroonikasse

11

Takistusjõud

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

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

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

kus C on takistustegur (sõltub kehast), ρ 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 Jõepeon

Sisestatud mehatroonikasse

12

Allallibiseva keha kiirendus

Arvestades ainult liughõõret, saame moodulkujul

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

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

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

Arvutame välja kiirenduse

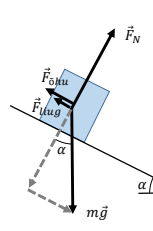
$$a = \frac{F_{res}}{m} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

Lisades ka õhutakistuse, saame

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

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

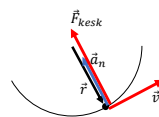
Arvutame välja kiirenduse

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


Raavo Joosepson Siisajuhatus mehitatootriiklasse 13

Kõverjooneline liikumine

- Kõverjoonisel liikumisel on alati normaal- ehk kesktõmbekiirendus.
- Normaalkiirendust põhjustab kesktõmbejõud.
- Kesktõmbejõudu (\vec{F}_{kesk}), kui eraldiseisivat 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 Siisajuhatus mehitatootriiklasse 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 Siisajuhatus mehitatootriiklasse 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 Joosepson Siisajuhatus mehitatootriiklasse 16