



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Füüsika täiendusõpe YFR0080

Füüsikainstituut
Marek Vilipuu
marek.vilipuu@ttu.ee

Elastsusjõud

- Deformatsioon – keha kuju muutumine.
- Deformatsiooni põhjus – keha osakesed nihkuvad teineteise suhtes.
- Deformatsiooni tagajärg – **elastsusjõu** tekkimine.
- Elastsusjõu suund on alati vastupidine deformeeritava keha osakeste nihke suunale.
- Esimene, kes selle katseliselt avastas oli inglise teadlane Robert Hooke (1660. a.).



Hooke'i seadus

- Keha deformeerimisel tekkiv elastsusjõud on võrdeline keha pikenemisega ja tema suund on vastupidine deformeeritava keha osakeste nihke suunale

$$F_{ex} = -kx$$

- Võrdetegur selles avaldises kannab keha **jäikuse** nime ja see sõltub keha mõõtmetest, kujust ja materjalist, millest keha on valmistatud.
- Jäikuse ühikuks SI süsteemis on N/m (njuuton meetri kohta)



Hõõrdejõud (1)

- Hõõrdejõu tekkepõhjuseks on kokkupuutuvate kehade aatomite ja molekulide vaheline vastastikmõju.
- Hõõrdejõud jaguneb **seisuhõõrdejõuks ja liikumishõõrdejõuks.**
- Liikumishõõrdejõud aga omakorda veel **liuge- ja veerehõõrdejõuks.**



Hõõrdejõud (2)

- **Seisuhõõrdejõud** on moodulilt võrdne kuid vastassuunaline selle jõuga, mida meil tuleb kehale anda, et ta veel ei liiguks aga nii kui me natuke jõudu lisame, siis ta hakkab libisema. See on kehale mõjuva kokkupuutepinna puutuja sihiline välisjõud .

$$\vec{F}_{sh} = -\vec{F}$$



Hõõrdejõud (3)

- **Liikumishõõrdejõud** on alati vastassuunaline keha liikumise kiirusele.
- Liikumishõõrdejõud põhjustab alati keha kiiruse vähenemise.



Hõõrdejõud (4)

- Ei seisu- ega ka liikumishõõrdejõud ei sõltu kehade kokkupuutepinna suurusest.
- Maksimaalne hõõrdejõud on võrdeline rõhumisjõuga:

$$F_h = \mu N$$

- Võrdetegurit μ nimetatakse **hõõrdeteguriks**.
- Tema väärtus sõltub kokkupuutuvatest pindadest.



Hõõrdejõud (5)

- Seisuhõõrdejõud on suurem kui liikumishõõrdejõud.
- Seega seisuhõõrde tegur \neq liugehõõrde tegur \neq veerehõõrde tegur:

$$\mu_s \neq \mu_l \neq \mu_v$$



Kehade vaba langemine ja raskusjõud

- Kehade vaba langemine – kehade langemine vaakumis, kus sõltumata keha massist langevad kõik kehad sama kiirendusega.
- Seda kiirendust nimetatakse **vaba langemise kiirenduseks ehk raskuskiirenduseks** ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)
- Kõik kehad kukuvad Maa poole mingi jõuga, mida nimetatakse **raskusjõuks** $F_r = mg$
- Newton tegi kindlaks, et raskusjõud sõltub keha kaugusest Maa pinnast ja on pöördvõrdeline selle kauguse ruuduga.



Gravitatsiooniseadus (1)

- Selle seaduse avastas Isaac Newton aastal 1682.
- Sõnastus – **Kaks keha tõmbuvad teineteise poole jõuga, mis on võrdeline nende masside korrutisega ja pöördvõrdeline nendevahelise kauguse ruuduga:**

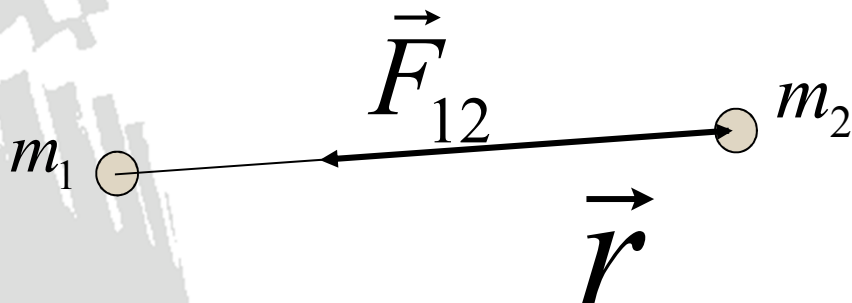
$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- See jõud mõjub kõikide kehade vahel meie universumis.



Gravitatsiooniseadus (2)

- Mõlemale kehale mõjuv gravitatsioonijõud on suunatud piki kehi ühendavat sirget



$$\vec{F}_{12} = F_G$$



Gravitatsiooniseadus (3)

- Seda seadust saab kasutada kõikidele kehadele tingimusel, et kehade mõõtmed on nendevahelise kaugusega võrreldes väikesed.
- Võrdetegurit **G** nimetatakse **gravitatsioonikonstandiks**, mille väärtuse määras katseliselt esimest korda inglise füüsik Henry Cavendish aastal 1798.
- Nüüdisaegsed täpsed mõõtmised annavad G väärtuseks

$$G = 6,6720 \cdot 10^{-11} (N \cdot m^2) / kg^2$$



Keha raskus ja kaal (1)

- **Keha raskus** on võrdne keha massiga.
- **Keha kaal** on jõud, millega see keha Maa külgetõmbe tõttu mõjutab alust või riputusvahendit:

$$\vec{P} = m(\vec{g} \pm \vec{a})$$

- Kaalutus, ülekaal (ülekoormus), alakaal (alakoormus)

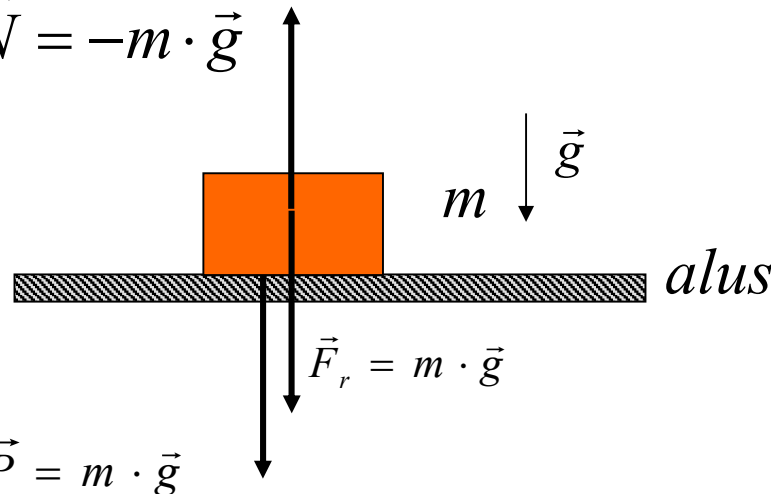


Keha raskus ja kaal (2)

- Tihti aetakse kaal segi raskusjõuga.
- **Raskusjõud** on kehale mõjuv jõud, mis on põhjustatud peamiselt gravitatsioonijõust ja tsentrifugaaljõust. Keha **kaal** on jõud, millega keha mõjutab alust või riputusvahendit.

*Toereaktsioon N vastavalt
Newtoni III seadusele*

$$\vec{N} = -m \cdot \vec{g}$$



Kehtib, kui tugi ehk alus on paigal

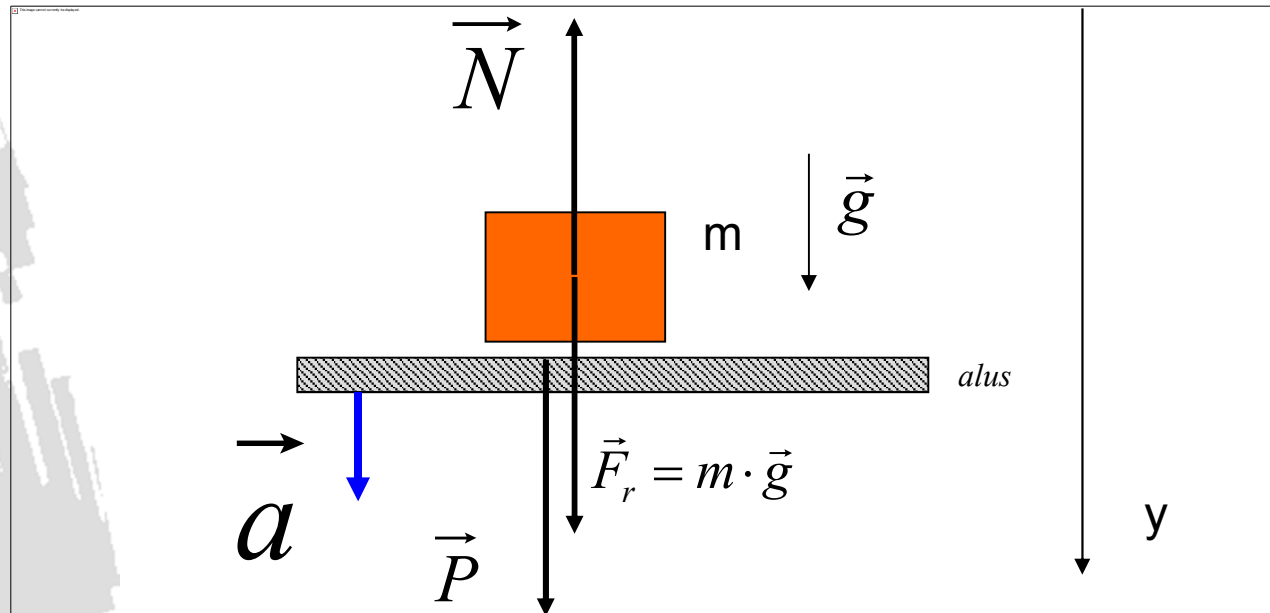
$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

Maa suhtes



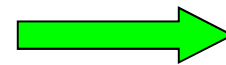
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Mis juhtub, kui tugi (alus) liigub kiirendusega?



Newtoni II seadus.

$$\vec{N} + m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$$



$$-N + m \cdot g = m \cdot a$$

$$N = m \cdot g - m \cdot a = m(g - a)$$

$$|\vec{N}| = |\vec{P}|$$



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Raskuskese

- Katseliselt on teada, et sõltuvalt kehale mõjuva jõu suunast, võib keha kas liikuda kulgevalt või hakata lisaks veel ka pöörlema.
- Punkti, kus lõikuvad kõik keha kulgliikumist põhjustavad jõud nimetatakse keha **massikeskmeks**.
- Punkti, mida läbib keha osakestele mõjuvate raskusjõudude resultandi mõjusirge keha igasuguse asendi korral, nimetatakse keha **raskuskeskmeks**.
- Keha raskuskese ühtib tema massikeskmega.



Kesk tõmbe jõud

- Ringjoonelisel liikumisel mõjub ringi tsesntrisse suunatud **kesk tõmbe jõud**:

$$F_{kt} = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r$$

- Kesk tõmbe jõud ei kujuta endast eraldi jõuliiki, vaid see on jõud, mida tuleb rakendada, et keha püsiks ringjoonelisel trajektoorigil.
- Nt. Auto liikumisel kurvis tekitab selle jõu rehvide ja tee vaheline seisuhõõrdejõud.



Ülesanne nr.5-1

- Neli vedru, igaüks jäikusega 500 N/m , ühendati järjestikku. Leidke sellise liitvedru jäikus.
- Vastus: 125 N/m



Ülesanne nr.5-2

- Kaks vedru on omavahel otsapidi ühendatud. Vedrude jäikused on 400 N/m ja 200 N/m . Kui palju pikeneb selline liitvedru jõu $5,0 \text{ N}$ mõjul?
- Vastus: 38 mm



Ülesanne nr.5-3

- Puitklotsi massiga 2,5 kg veetakse ühtlaselt horisontaalsel alusel vedru abil, mille jäikus on 300 N/m. Hõõrdetegur klotsi ja aluse vahel on 0,65. Leidke vedav jõud ja vedru pikenemine.
- Vastus: 16 N; 53 mm



Ülesanne nr.5-5

- Hõõrdetegur puitklotsi jaoks kaldpinnal on 0,65. Millise kaldpinna nurga korral ei hakka klots veel libisema? Leidke kiirendus, kui kaldpinna nurk on 60° .
- Vastus: 33° ; $5,3 \text{ m/s}^2$



Ülesanne nr.5-7

- Auto sõidab kiirusega 72 km/h. Mitu korda on tuule takistusjõud vastutuult sõites suurem kui pärituult sõites? Tuule kiirus maapinna suhtes on: a) 5 m/s, b) 15 m/s. Tuule takistusjõud on võrdeline suhtelise kiiruse ruuduga.
- Vastus: 3; 49



Ülesanne nr.5-8

- Kui kaugel maapinnast on kosmoselaeva ja Maa vaheline külgetõmbejõud 10 korda väiksem kui maapinnal? Maa raadius on $6,37 \cdot 10^6$ m.
- Vastus: $1,4 \cdot 10^4$ km



Ülesanne nr.5-9

- Maapinnal on vaba langemise kiirendus $9,8 \text{ m/s}$. Kui kõrgel on see kaks korda väiksem? Maa raadius on $6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$.
- Vastus: $2,6 \cdot 10^6 \text{ m}$



Ülesanne nr.5-11

- Trammivagun sõidab horisontaalsel teel kurvis raadiusega 50 m kiirusega 18 km/h. Kui suurt horisontaalsihilist külgsurvet avaldab ta sel juhul rööbastele? Vaguni mass on 6,0 tonni.
- Vastus: 3,0 kN



Ülesanne nr.5-12

- 50 cm pikkuse niidi otsa riputatud keha tiirleb ühtlaselt horisontaaltasapinnas. Niit moodustab vertikaaliga nurga 30° . Leidke keha kiirus.
- Vastus: 1,2 m/s



Ülesanne nr.5-14

- Poiss massiga 40 kg kiigub kiigel, mille nööri pikkus on 3,0 m. Ta läbib kiige alumise asendi kiirusega 8,0 m/s. Mitu korda on poisi kaal kiige alumises asendis sel juhul suurem kui seisva kiige korral?
- Vastus: 3,2



Kodused ülesanded

- 5-4, 5-6, 5-10, 5-13



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY