

Mehaanika: dünaamika,
perioodilised liikumised

Väljaandja kinnitab õppematerjali vastavust kehtivale
gümnaasiumi riiklikule õppekavale ning haridus- ja teadus-
ministri poolt õppekirjandusele kehtestatud nõuetele.

INDREK PEIL

MEHAANIKA: DÜNAAMIKA, PERIOODILISED LIIKUMISED

Füüsika õpik gümnaasiumile

Veebiõpik <http://õpik.füüsika.ee>

Retsenseerinud HENN VOOLAID, HELI TOIT

Toimetanud KAIDO REIVELT

Korrektuuri luges PIRET PÕLDVER

Küljendanud HEIKO UNT

Joonised teinud NILS AUSTA

Pildid joonistanud URMAS NEMVALTS

Täname! PIRET KUUSK, LAUR JÄRV

Autoriõigus: Kirjastus Maurus 2017

www.kirjastusmaurus.ee

ISBN 978-9949-559-96-1

Kõik õigused käesolevale väljaandele on seadusega kaitstud.
Ilma autoriõiguse omaniku kirjaliku loata pole lubatud ühtki
selle väljaande osa paljundada ei mehaaniliselt ega muul viisil.

Indrek Peil

MEHAANIKA: DÜNAAMIKA, PERIOODILISED LIIKUMISED

Füüsika õpik gümnaasiumile

Sisukord

Eessõna	7
1. DÜNAAMIKA	
1.1. Vastastikmõju ja selle kirjeldamine	10
<i>Vastastikmõju</i>	10
<i>Jõud</i>	12
1.2. Resultantjõud ja Newtoni esimene seadus	14
<i>Jõudude liitmine</i>	14
<i>Newtoni esimene seadus ehk inertsiseadus</i>	15
1.3. Newtoni teine seadus ehk dünaamika põhiseadus	17
1.4. Newtoni kolmas seadus ehk mõju ja vastumõju seadus	19
1.5. Keha impulss ja impulsi jäävuse seadus	20
<i>Liikumishulk ehk impulss</i>	20
<i>Liikumishulga ehk impulsi jäävuse seadus</i>	22
1.6. Reaktiivliikumine	25
1.7. Gravitatsioonijõud ja gravitatsiooniseadus	28
<i>Raskusjõud, kaal ja kaalutus</i>	31
<i>Raskusjõud</i>	31
1.8. Kaal ja kaalutus	33
<i>Gravitatsioon ja ilmaruum</i>	35
<i>Elu ilma gravitatsioonita?</i>	35
<i>Kuulooded</i>	35
1.9. Mustad augud ja ussiurked	36
<i>Tähtede teke</i>	39
1.10. Rõhumisjõud, rõhk ja toereaktsioon	40
1.11. Hõõrdejõud	42
<i>Seisu- ja liugehõõrdumine</i>	42
<i>Hõõrdeegur</i>	43
<i>Hõõrdejõu muutmine</i>	44
1.12. Elastsusjõud	46
<i>Deformatsioon</i>	46
<i>Elastsusjõud</i>	47
<i>Hooke'i seadus</i>	48
1.13. Dünaamika – lõpetuseks	50

2.	TÖÖ JA ENERGIA	
2.1.	Mehaaniline töö	54
	<i>Töö mõiste</i>	54
	<i>Positiivne ja negatiivne töö</i>	55
2.2.	Võimsus	56
2.3.	Energia mõiste	58
	<i>Kineetiline energia</i>	59
	<i>Potentsiaalne energia</i>	60
	<i>Mehaaniline koguerenergia</i>	61
2.4.	Mehaanilise energia muundumine ja ülekandumine	62
2.5.	Mehaanilise energia jäävuse seadus	64
	<i>Mehaaniline energia ja süsteemiväline töö</i>	65
	<i>Üldine energia jäävuse seadus</i>	66
	<i>Energia jäävus looduses ja tehnikas</i>	67
2.6.	Jõumasinad	68
	<i>Energia saamine ja muundamine</i>	69
	<i>Gaaside ja vedelike voolamine</i>	70
2.7.	Töö ja energia – lõpetuseks	72
3.	RINGLIIKUMINE JA VÕNKUMISED	
3.1.	Ühtlane ringjooneline liikumine	76
	<i>Ringliikumine</i>	76
	<i>Teepikkus ja pöördenurk</i>	77
	<i>Periood ja sagedus</i>	78
3.2.	Ühtlase ringliikumise joonkiirus ja nurkkiirus	80
	<i>Joonkiirus</i>	80
	<i>Nurkkiirus</i>	80
3.3.	Ühtlase ringjoonelise liikumise kesktõmbekiirendus	82
	<i>Kesktõmbekiirendus</i>	82
	<i>Jõud ühtlasel ringliikumisel</i>	84
3.4.	Ringliikumine looduses ja tehnikas	86
	<i>Täevakehade liikumine</i>	86
	<i>Galaktikad pöörlevad</i>	87
	<i>Ringliikumine looduses</i>	89
	<i>Ringliikumine tehnikas</i>	92

3.5.	Võnkumised	95
	<i>Võnkumise mõiste</i>	95
	<i>Võnkumiste liigid</i>	96
	<i>Võnkumist iseloomustavad suurused</i>	97
3.6.	Harmooniline võnkumine. Võnkumise võrrand ja graafik	99
	<i>Harmooniline võnkumine ja võnkumise võrrand</i>	99
	<i>Võnkumise graafik</i>	101
	<i>Pendlid</i>	103
3.7.	Võnkumise energia.	103
	<i>Matemaatiline ja füüsikaline pendel</i>	104
3.8.	Võnkumised looduses ja tehnikas	106
	<i>Võnkumised meie ümber</i>	106
	<i>Resonants</i>	107
3.9.	Lained	109
	<i>Laine mõiste</i>	109
	<i>Lainete liigid</i>	110
3.10.	Laineid iseloomustavad suurused	111
	<i>Lainete levimine</i>	113
	<i>Lainete peegeldumine</i>	113
	<i>Lainete murdumine</i>	114
	<i>Lainete interferents</i>	114
	<i>Lainete difraktsioon</i>	115
3.12.	Lained looduses ja tehnikas	117
	<i>Kuidas koguda merelainete energiat?</i>	117
	<i>Kuidas me teame, mis on Maa või Kuu sees?</i>	120
	<i>Kuidas uurida Kuud?</i>	122
	<i>Mis on gravitatsioonilained ja kuidas neid mõõta?</i>	124
Lisa 1.	Looduse omadused ja neid kirjeldavad füüsikalised suurused . .	126
Lisa 2.	SI põhiühikud*	127
	SI lisaühikud	127
	SI eesliited*	128
	Kreeka tähestik	128
Lisa 3.	Mehaanikas kasutatavad füüsikalised suurused	129
	Arvutusülesannete vastused	131
	Indeks	132

Eessõna

Käesoleva õpiku materjal pärineb enamjaolt Indrek Peili 2010. a ilmunud õpikust „Mehaanika”. Uues, Indrek Peili koostatud redaktsioonis on materjal, mis kuulub 2014. a jõustunud riikliku õppekava järgi gümnaasiumi teise kursusesse (mehaanika). Põhiline erinevus eelneva versiooniga on see, et I peatükk („Kinemaatika”) on nüüd I kursuse õpikus („Sissejuhatus füüsikasse. Kulgliikumise kinemaatika”). Lisandunud on ka mõned uued alajaotused.

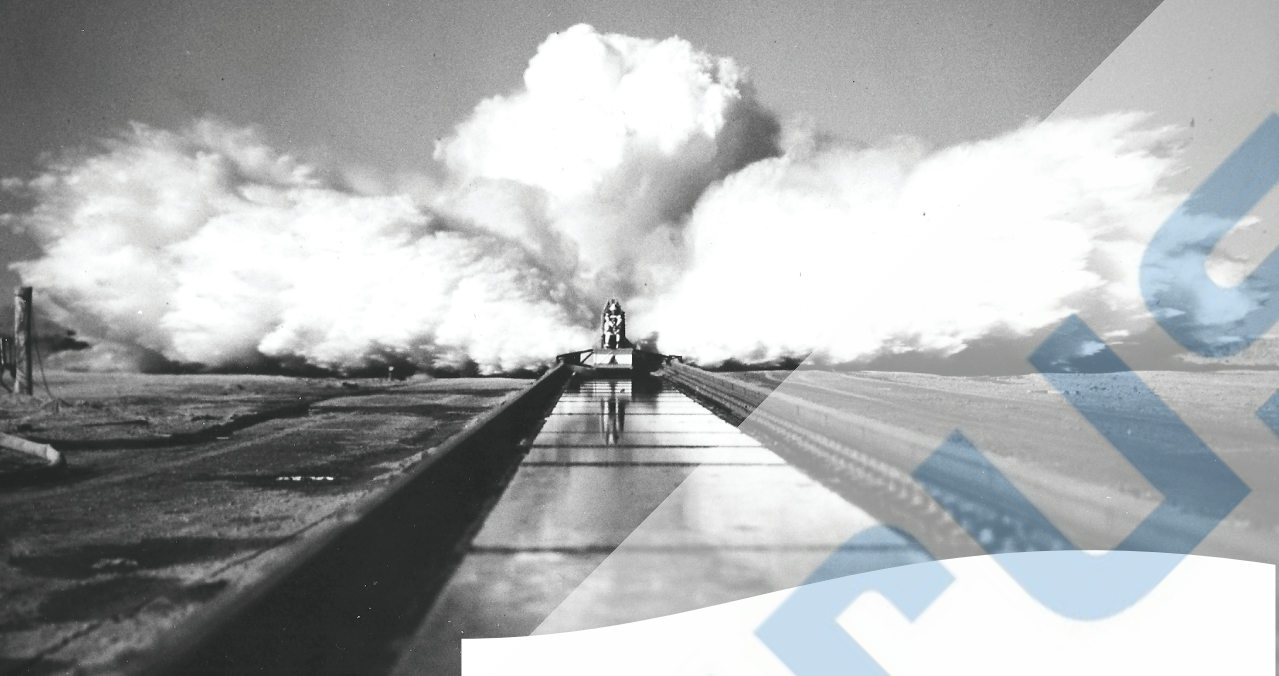
Õpiku tekstis on terminid tähistatud **paksu kirjaga**, tähtsad laused kirjutatud **sinisega**. Lõigud, mis on mõeldud täiendavaks lugemiseks, on *kaldkirjas*.

Kasuta ka veebiõpikut aadressil <http://opik.fyysika.ee>, kust leiab lisaks õpikule ka hulga lisamaterjale.

Head õppimist!

DÜNAAMIKA





Kolonel J. P. Stapp rakettkelgul, kui see saavutab suure kiiruse, mida siis väga järsult pidurdatakse. (USA Õhujõudude fotod)

Dr John Stapp, New Mexicos asuva Hollomani õhujõudude baasi kolonel, kinnitati 1954. aasta detsembris rihmadega üheksa raketiga rakettkelgu istmele. Kui raketid süüdati, kiirendas see teda viie sekundi jooksul kiiruseni 632 miili ehk 1018 kilomeetrit tunnis. Tõsisem katsumus kolonel Stappi jaoks oli siiski pidurdamine vesipiduritega, milleks kulus vaid 1,4 sekundit. 1958. aasta mais saavutas Eli L. Beeding jr sarnase kelguga kiiruse 72,5 miili (117 kilomeetrit) tunnis. Tema kiirus polnud küll märkimisväärne – see on maanteedel suhteliselt tavaline –, kuid märkimist väärib peatumiseks kulunud aeg, 0,04 sekundit, mis on sõna otseses mõttes vähem kui silmapilk.



MIKS ON NEED
SAAVUTUSED
ERAKORDSED?

Oo...



1.1. Vastastikmõju ja selle kirjeldamine

Vastastikmõju

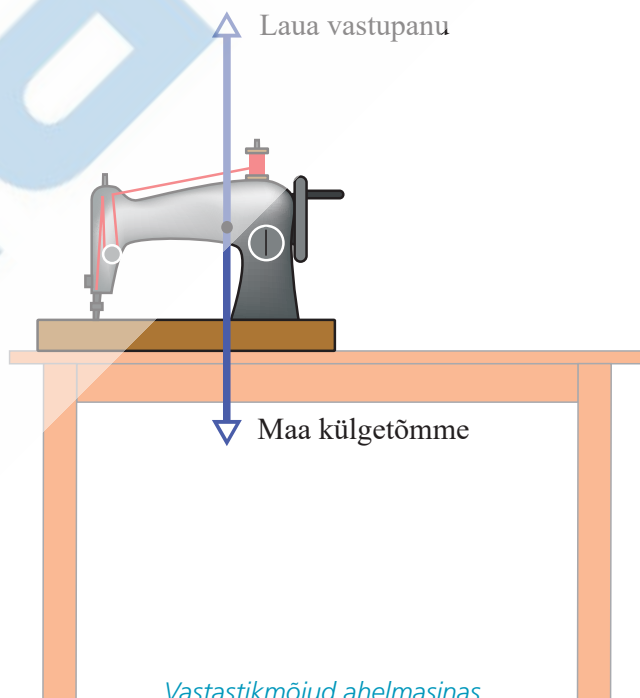
Kui päästerõngas vee alla suruda, tõukab vesi selle pinna tagasi. Tuul puhub purje pingule ning paneb jahi mööda veepinda liikuma. Riputatud koormise toimet venitab vedru pikemaks. Tõstja sikutab raske kangi maast lahti. Udusulg hõljub õhus ega kuku maha. Pärast kamimist hakkab kamm juukseid ligi tõmbama. Sepavara löök painutab kuuma raudlati kõveraks.

Selliseid näiteid võib tuua väga palju. Need on küll kõik väga erinevad, kuid ühes siiski sarnased – ühe kehaga juhtub midagi teise keha mõjul. Neid näiteid ühendab nähtus, mida nimetatakse **vastastikmõjuks**.

Mille järgi tunneme ära, et vastastikmõju on aset leidnud? Kui üks keha mõjutab teist, siis selle tagajärjel toimub mingi muutus. Siin on mitu võimalust – **vastastikmõju tagajärjel võib muutuda keha kuju, ruumala või liikumise iseloom**.



Vastastikmõjud on väga erinevad.



Vastastikmõjud ahelmasinas.



Vastastikmõju tagajärjel muutub keha kuju (vasakul) või keha liikumise iseloom (üleval).

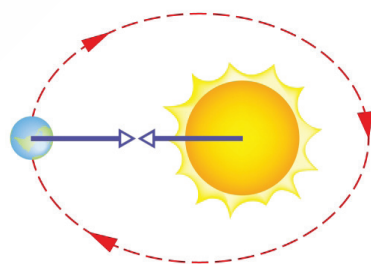
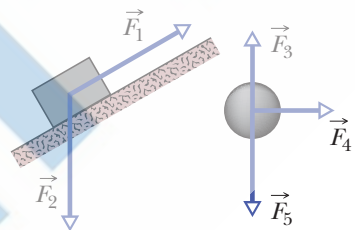
Näiteks muutub õhupalli kuju, kui me selle täis puhume, ja muutub ka kristallvaasi kuju, mis maha pillatakse. Alati ei pruugi me kujumuutust märgatagi. Kui me trepile astume, ei näi midagi erilist juhtuvat.

Liikumise juures saab vastastikmõju muuta kiiruse arvvaartust ja suunda. Kui tahame auto kiirust vähendada, kasutame kummide ja teekatte vahelist pidurdavat mõju. Kiiruse väärtus muutub Maa külgetõmbe tõttu näiteks ülesvisatud pallil. Algul see väheneb, siis pall peatub hetkeks ning allakukkumisel hakkab kiirus jälle kasvama. Viimases näites muutub ka palli liikumise suund.

Kui auto suure kiirusega kurvi siseneb, siis libeda korral ei pruugi ta teel püsida. Kurvis püsimiseks peab rataste ja teekatte vahel olema piisava tugevusega vastastikmõju, et liikumise suund selle tagajärjel vajalikul määral muutuks.

Vastastikmõju tagajärjel muutub keha liikumise iseloom. Et liikumise muutumise põhjusi uurib mehaanika haru dünaamika, siis ongi vastastikmõju dünaamika jaoks üks olulisemaid nähtusi.

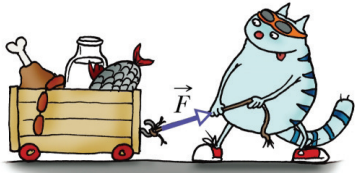
Ühegi keha liikumist ei saa muuta ilma teise keha mõjuta. Näiteks ei saa paati seisvas vees liikuma panna, kui pole tuult ega aere. Ka auto ei saaks paigalt sõita, kui puuduks teine keha, millelt end liikuma tõugata (teekate). Vastastikmõjus osaleb alati vähemalt kaks keha.



Vastastikmõjus osaleb vähemalt kaks keha.

Jõud

Vastastikmõjud võivad olla erineva tugevusega. Seda näeme tagajärje suuruse järgi. Erinevad raskused venitavad sama vedru erineva pikkuse võrra ja tugevam mängija suudab pallile anda suurema hoo.



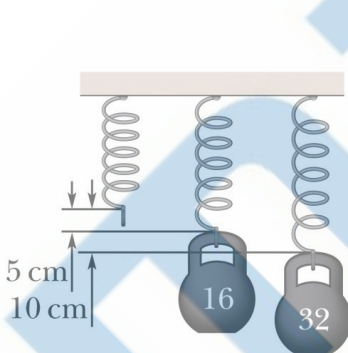
Jõud on vektor.

Et vastastikmõjusid omavahel võrrelda ja uurida, mil määral sõltuvad tagajärjed vastastikmõju tugevusest, on kasutusele võetud füüsikaline suurus **jõud**.

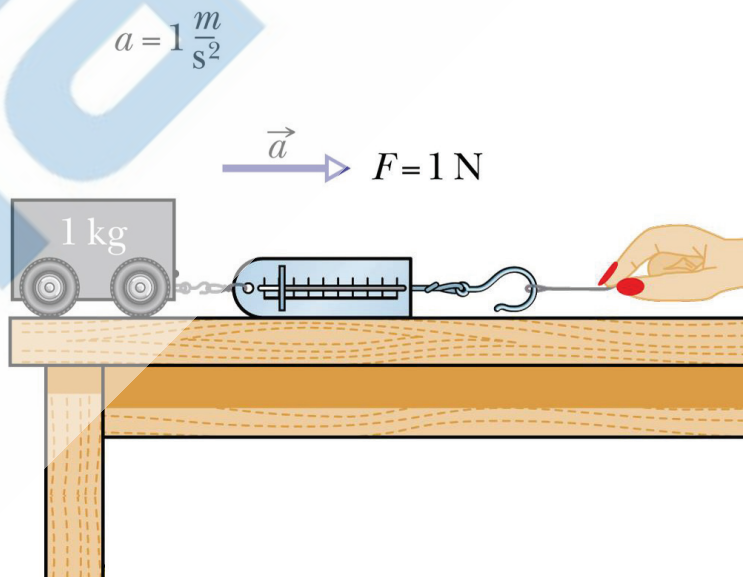
Jõud on vastastikmõju mõõduks ja selle arvvärtus iseloomustab vastastikmõju tugevust. Vastastikmõju põhjustab kas keha kuju või kiiruse muutuse. Kuna nii kujumuutusel kui ka kiiruse muutumisel (kiirendusel) on kindel suund, siis peab ka jõud olema suunaga. Järelikult on jõud vektoriaalne suurus.

Jõu tähiseks valemites ja joonistel on $\vec{F}$ (ld *fortis* 'tugev, võimas'). Jõu arvulise väärtuse väljendamisel, kui suund pole oluline, kasutatakse ilma vektorimärgita tähist F .

Jõu mõõtmiseks on kaks põhimõtteliselt erinevat võimalust. Võib mõõta vastastikmõju poolt tingitud **kuju muutuse** ehk **deformatsiooni** suurust. Näiteks meile tuttav dünamomeeter näitab jõu suurust vedru pikenemise kaudu.



Jõudu saab mõõta selle poolt tekitatud deformatsiooni ja kiirenduse kaudu.



Jõud 1 N annab 1 kg massiga kehale kiirenduse 1 m/s², kui hõõrdumist ei arvestata.

Teiseks saab jõu suurust arvutada selle kaudu, kui palju vastastikmõju tuntud massiga keha kiirust muudab ehk siis mõju poolt antava **kiirenduse** kaudu.

Klassikalise mehaanika rajaja Isaac Newtoni auks on SI jõu mõõtühiku nimeks võetud njuuton (N). Üks njuuton on sellise suurusega jõud, mis annab kehale massiga 1 kg kiirenduse 1 m/s^2 .

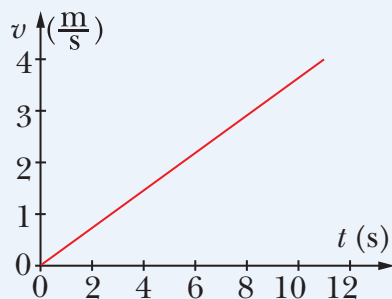
KOKKUVÕTE

Kui ühe kehaga juhtub midagi teise keha mõjul, siis nimetatakse seda **vastastikmõjuks**. Vastastikmõju tagajärjel võib muutuda keha kuju, ruumala või liikumise iseloom.

Jõud on vastastikmõju mõõduks ja selle arväärtus iseloomustab vastastikmõju tugevust.

KONTROLLKÜSIMUSED

- Milliste kehade vahelisest vastastikmõjust ning millistest tagajärgedest saab rääkida nendes näidetes:
 - küttepude lõhkumine;
 - pillatud vaasi maandumine;
 - korvi punumine;
 - sõit karussellil;
 - tennisepalli lend?
- Too näiteid, kus vastastikmõju tagajärjel muutub
 - mõlema keha kiirus;
 - ühe keha kiirus ja teise kuju.
- Too näiteid kehade vahel mõjuvatest jõududest. Kuidas need jõud suunatud on?



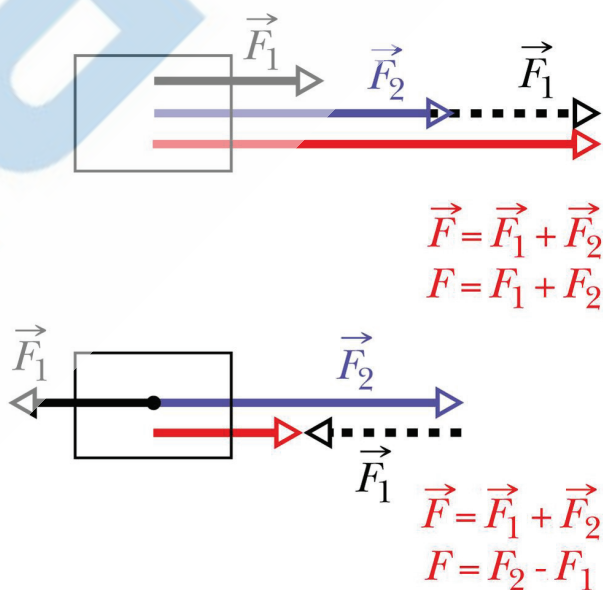
1.2. Resultantjõud ja Newtoni esimene seadus

Jõudude liitmine

See, et vastastikmõjus osaleb vähemalt kaks keha, ei tähenda, et kehasid ei võiks rohkem olla. Tihti ongi just nii, et korraga mõjub mitu jõudu. Korraga kehale mõjuval mitmel jõul ei ole aga siiski mitut erinevat tagajärge.

Näiteks kui vees ujuvale õngekorgile mõjuv raskusjõud on suunatud alla ja samal ajal vee üleslükkejõud üles, ei hakka kork ju korraga mõlemas suunas liikuma. Jõud liituvad ning nende mõjul on üks ühine tagajärg – kork püsib paigal. **Samale kehale mõjuvate jõudude summat nimetatakse resultantjõuks.**

Kuna jõud on suunaga suurused, ei saa neid liita niisama lihtsalt kui arve. **Jõudude liitmisel tuleb järgida vektorite liitmise reegleid.** Et jutt on samale kehale mõjuvate jõudude liitmisest, siis joonisele kandmisel peavad need algama kõik samast punktist. Kulgeva liikumise korral, mil pöörlemist ei toimu, kujutame keha ette punktmassina.



Samasihiliste jõudude liitmisel nende väärtused kas liidetakse või lahutatakse.

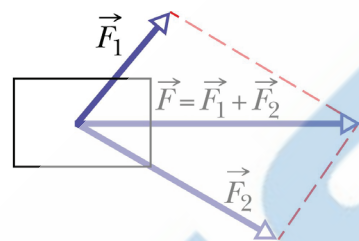
Kõige lihtsam on leida kahe samasuunalise jõu summat. Samasuunaliste jõudude arvväärtused liituvad ning resultantjõud on liidetavate jõududega samas suunas.

Vastassuunaliste jõudude liitmisel lahutatakse suurema väärtusest väiksem ning resultantjõud jääb suurema jõu suunaliseks.

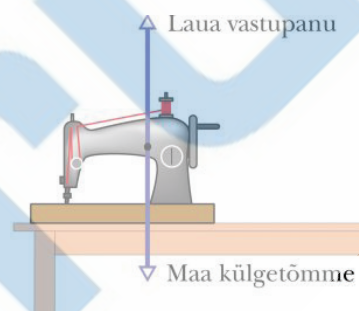
Erisuunaliste jõudude liitmise lihtsaim viis on kasutada rööpküliku reeglit. Selle järgi tuleb liidetavatele jõuvektoritele üles ehitada rööpkülik ning viimase diagonaal ongi resultantjõuks.

Kui kehale mõjub suurem arv jõude, tuleb esmalt summeerida kaks jõudu ning tulemusele liita samm-sammult ülejäänud.

Sageli tuleb ette, et kehale mõjuvate jõudude resultant on null. Siis öeldakse, et jõud on tasakaalus ehk kompenseerivad üksteist. Näiteks laual seisvale õmblusmasinale mõjuvat Maa külgetõmmet tasakaalustab laua vastumõju, mis ei luba masinal sellest läbi kukkuda. Need kompenseerunud jõud liikumist ei mõjuta ja õmblusmasin püsib paigal.



Erisuunaliste jõudude liitmine rööpküliku reegli järgi.



Kui kehale mõjuvad jõud on üksteisega tasakaalus, siis öeldakse, et need jõud kompenseerivad üksteist. Sel korral keha liikumiseolek ei muutu.

Newtoni esimene seadus ehk inertsiseadus

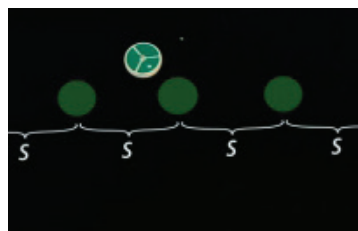
Kõik meist on kogenud, et tool nihkub põrandal edasi vaid siis, kui seda lükata. Pärast lükkamise lõppu lakkab liikumine jalgade ja põranda vahelise hõõrdumise tõttu.

Kuidas liiguvad aga kehad siis, kui ümbritsev neid ei sega, kui puudub vastastikmõju teiste kehadega?

Teame, et vastastikmõju üheks tagajärjeks on liikumise muutumine. **Kui vastastikmõju pole, siis ei saa muutuda ei liikumise kiirus ega ka suund.** Sel juhul on tegemist ühtlase sirgjoonelise liikumisega. Kui aga keha juhtub seisma, siis jääbki see muutumatult paigale.

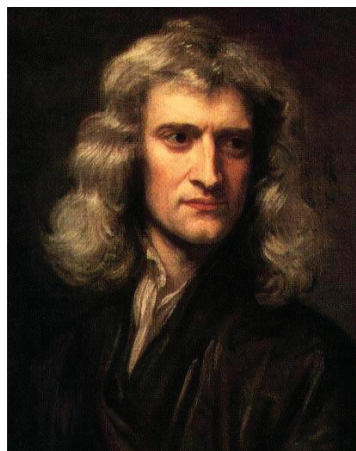
Vastastikmõjude puudumisega on samaväärne olukord, kus jõud on kompenseerunud ja resultantjõud null.

Need tähelepanekud võtabki kokku **Newtoni esimene seadus**, mis kirjeldab keha liikumist jõudude puudumisel: **kehale mõjuvate jõudude puudumisel või nende kompenseerumisel on keha kas paigal või liigub ühtlaselt ja sirgjooneliselt.**



Newtoni esimese seaduse eksperimentaalne demonstreerimine.





Inglise füüsik Isaac Newton (1642 – 1726), kes oma uuringutele tuginedes sõnastas mehaanika kolm põhiseadust. Neid seadusi tuntakse tänapäeval Newtoni seaduste nime all.

Nähtust, kus keha püüab oma liikumisseisundit säilitada, nimetatakse inertsiks. **Seepärast nimetatakse Newtoni esimest seadust ka inertsiseaduseks.**

Matemaatiliselt saab inertsiseadust väljendada nii:

$$\vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0 \quad (1.1)$$

KOKKUVÕTE

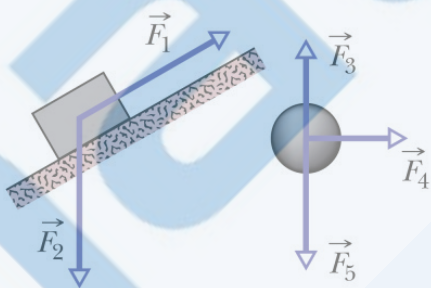
Jõudude liitmisel tuleb järgida vektorite liitmise reegleid.

Samale kehale mõjuvate jõudude summat nimetatakse **resultantjõuks**.

Newtoni I seadus: kehale mõjuvate jõudude puudumisel või nende kompenseerumisel on keha kas paigal või liigub ühtlaselt ja sirgjooneliselt.

KONTROLLKÜSIMUSED

1. Vette vajuvale kivile mõjub raskusjõud 5 N ning üleslükkejõud 1,4 N. Kui suur ja mis suunas on suunatud resultantjõud?
2. Skitseeri joonisel toodud jõudude resultantjõud.



3. Põldu kündev traktor liigub ühtlaselt ja seega liikumine ei muutu. Millised traktorile mõjuvad jõud üksteist kompenseerivad?
4. Miks on liikuvas bussis seisval inimesel raske säilitada oma asendit, kui buss äkki peatub?
5. Miks ei või õngeritva järsult tõmmata, kui kala on konksu otsa jäänud?
6. Kas Kuu tiirlemine ümber Maa on näide Newtoni I seaduse avaldumisest? Miks?
7. Millised jõud on kompenseerunud nende ühtlaste liikumiste korral:
 - a) langevarjuri laskumine;
 - b) saanisõit lumisel teel;
 - c) purjeka seilamine?

Newtoni teine seadus ehk dünaamika põhiseadus

1.3.

Kui kehale jõude ei mõju, jääb liikumine vastavalt inertsiseadusele muutmatuks. Kuidas muutub aga liikumine siis, kui kehale mõjub jõud?

On kindlaks tehtud, et kui kehale mõjub jõud, siis keha kiirus muutub ehk keha liigub kiirendusega. Järelikult põhjustab jõud kiirenduse. Millest ja kuidas kiirendus sõltub, on kindlaks tehtud katsete abil.

Kui mõjutada erinevaid kehi sama suure jõuga, võivad saadud kiirendused olla erinevad. Mõne keha kiirus muutub aeglasemalt ja kiirendus on väiksem. Need kehad säilitavad oma liikumisseisundit teistega võrreldes paremini ja öeldakse, et nende inertsus on suurem.

Inertsus on keha omadus, mis iseloomustab selle võimet liikumisolekut säilitada.

Suurema inertsusega keha kiirust on raskem muuta. Näiteks on rasket veoautot määratult raskem liikuma lükata kui mänguautot. Selles pole midagi kummalist – päris autol on mänguasjaga võrreldes ju palju suurem mass.

Mass on keha inertsuse mõõt. Selle tähiseks on m ja mõõtühikuks 1 kg.

Katsed näitavad, et **jõu toimele tekkiv kiirendus on pöördvõrdeline keha massiga**. Mida suurem mass, seda väiksema kiirenduse see jõud tekitab.

Veel näitavad katsed, et kiirendus on seda suurem, mida suurem jõud kehale mõjub. See on ka mõistetav – kui liikumise muutuse tingib vastastikmõju, siis mida tugevam on mõju, seda suurem peab olema ka selle põhjustatud muutus. Kiirendus on võrdeline jõuga.

Ülaltoodud tulemused võimaldasidki Newtonil jõuda oma mehaanika teise põhiseaduse sõnastamiseni.

Newtoni teine seadus ütleb: **kui kehale mõjub jõud, siis liigub see kiirendusega, mis on võrdeline mõjuva jõuga ning pöördvõrdeline selle keha massiga**. Matemaatiliselt väljendab Newtoni II seadust valem

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (1.2)$$



Kiirendus sõltub keha inertsusest.



Vankri konstantse jõu mõjul kiirenev liikumine.



Kuna sel seadusel on suur tähtsus mehaanika põhiülesande lahendamisel, nimetatakse Newtoni II seadust ka dünaamika põhiseaduseks.

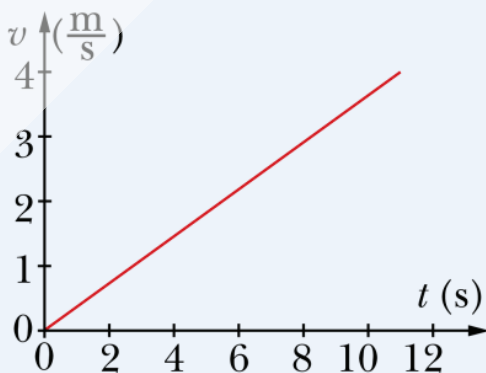
Kui me teame keha algkoordinaati, algkiirust, massi ja mõjuvat jõudu, saame Newtoni II seadusest arvutada kiirenduse ning välja kirjutada keha liikumisvõrrandi. Liikumisvõrrand lubab keha asukoha välja arvutada mis tahes ajahetkel ning sellega ongi põhiülesanne lahendatud.

KOKKUVÕTE

Newtoni II seadus: kui kehale mõjub jõud, siis liigub see kiirendusega, mis on võrdeline mõjuva jõuga ning pöördvõrdeline selle keha massiga.

KONTROLLKÜSIMUSED

1. Kui suure kiirenduse annab 1200 kg massiga autole mootor, mille veojõud on 1800 N?
2. 45 N suurune jõud annab kehale kiirenduse $2,5 \text{ m/s}^2$. Kui suur on selle keha mass?
3. Auto kiirus on 72 km/h ja mass 2,4 t. Kui suur pidurdav jõud vähendab 6 sekundi jooksul kiiruse väärtuseni 36 km/h?
4. 5 kg massiga kehale mõjub jõud 2 N. Kirjuta välja selle keha liikumisvõrrand, kui on teada, et ajamõõtmise alghetkel oli selle koordinaat 10 m ja kiirus 5 m/s. Kus asub keha 10 sekundit hiljem?
5. Joonisel on toodud 1000 kg massiga keha kiiruse ajast sõltuvuse graafik. Kui suur jõud sellele kehale mõjub?

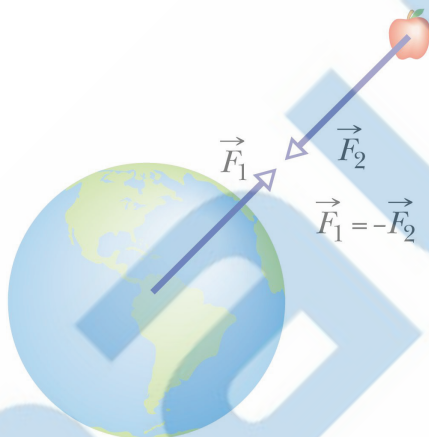


Newtoni kolmas seadus ehk 1.4. mõju ja vastumõju seadus

Kui Newtoni I ja II seadus kirjeldavad, kuidas keha liigub välise mõju puudumisel või olemasolul, siis kolmas seadus käib vastastikmõju enda kohta. Newton ise nimetas seda seadust mõju ja vastumõju seaduseks.

Kogemused näitavad, et kehad mõjutavad teineteist alati vastastikku. Kui toetame redeli seinale, siis mõjub sein redelile vastu ja seda nii, et redel püsib paigal.

Kehad osalevad vastastikmõjus alati paarikaupa. Seejuures mõjuvad jõud mitte ainult ühele, vaid mõlemale kehale. Need kehadele mõjuvad jõud on suuruselt võrdsed ja suunalt vastupidised. Kui Maa tõmbab kukkuvat õuna jõuga 1 N, siis õun tõmbab maakera vastu täpselt sama suure jõuga.



Kaks keha mõjutavad teineteist suuruselt võrdsete vastassuunaliste jõududega.

Selles väljendubki mõju ja vastumõju ehk **Newtoni kolmas seadus: kaks keha mõjutavad teineteist suuruselt võrdsete vastassuunaliste jõududega.**

Kui eristada kahele vastastikmõjus osalevale kehale mõjuvaid jõude indeksitega 1 ja 2, saab Newtoni III seadust väljendada valemiga

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (1.3)$$

Tuleb meeles pidada, et Newtoni III seaduse jõud mõjuvad eri kehadele ja seepärast ei saa need teineteist tasakaalustada, kuigi on võrdsed ja vastupidised.

KOKKUVÕTE

Newtoni III seadus: kaks keha mõjutavad teineteist suuruselt võrdselt vastassuunaliste jõududega.

KONTROLLKÜSIMUSED

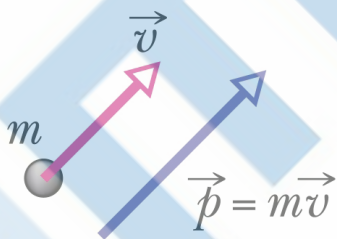
1. Kumb taevakeha tõmbab teist enda poole tugevamini, kas Päike Maad või Maa Päikest?
2. Kala sikutab õngenööri jõuga 10 N ja kalamees tõmbab sama suure jõuga vastu. Kas nõör, mis talub venitamist kuni 15 N, katkeb?

1.5. Keha impulss ja impulsi jäävuse seadus

Liikumishulk ehk impulss

Newtoni teine seadus näitab keha kiiruse muutumise sõltuvust keha massist ja sellele mõjuvast jõust. Kiiruse sama suure muutuse jaoks on suurema massi korral vaja kas suuremat jõudu või pikemat aega. Samas on jõu vastastikune – keha, mille kiirus muutub, mõjub teisele kehale sama aja jooksul sama jõuga vastu ja võib muuta selle liikumist või kuju. Näeme, et liikuval kehal on võime muuta teiste kehade liikumist.

Keha võime vastastikmõju korral teist keha mõjutada sõltub kehade kiirusest ja massist. Sellele teadmisele tuginedes on liikumise iseloomustamiseks võetud kasutusele suurus, mida nimetatakse keha liikumishulgaks ehk **impulsiks**. Impulsi tähiseks on $\vec{p}$ (pulsus – ld 'löök, impulss') ning see on defineeritud keha massi ja kiirusvektori $\vec{v}$ korrutisena:



Impulss on vektor.

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1.4)$$