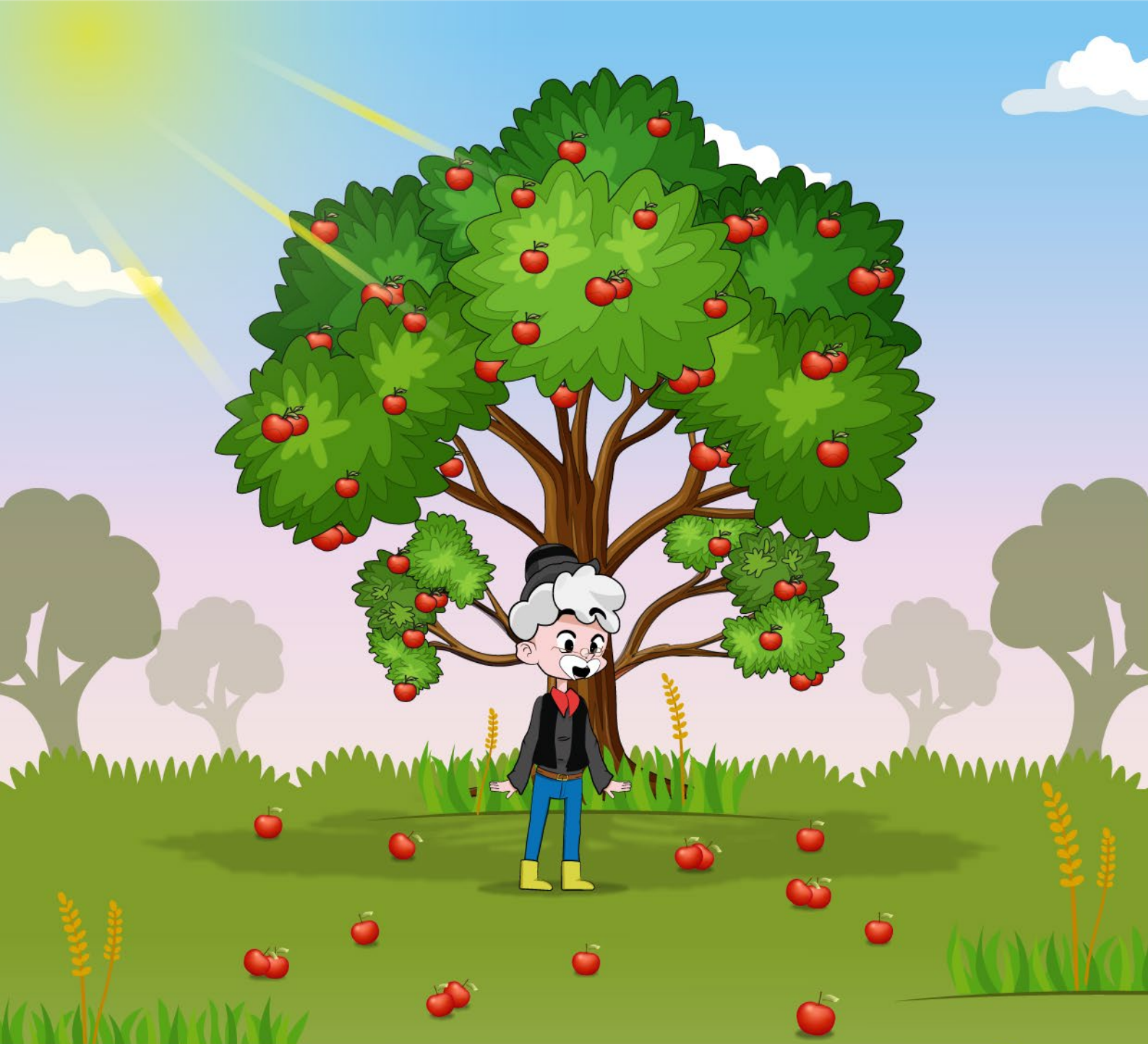




1. OSA

MEHAANIKA: DÜNAAMIKA



ARPHYMEDES



Christiaan Huygens (1629-1695)**Elastse pörke seadused.**

Christiaan Huygens oli Hollandi matemaatik, füüsik, insener, astronoom ja leiutaja, keda peetakse teadusrevolutsiooni üheks kõige olulisemaks isikuks. Ta puutus kokku paljude oluliste teadlaste, nt Blaise Pascali, Gottfried Wilhelm Leibnizi, aga ka Isaac Newtoniga, ja arutles nendega matemaatika- ja füüsikateemadel. Muuhulgas uuris Huygens, kuidas kehad liiguvad ja pörkuvad. Tema arvates oli René Descartes'i seadus kahe elastse keha pörke kohta ekslik. Huygens avastas kahe asja jäävuse: esiteks massi ja kiiruse ruudu korrutise jäävuse ja teiseks liikumishulga jäävuse samas suunas liikumisel kõigi kehade puhul.

Fig. 20

Sir Isaac Newton (1642-1727)**Newtoni murranguline panus muutis kaasaegse teaduse aluseid.**

Inglise füüsiku, matemaatiku ja astronoomi Sir Isaac Newtoni panus liikumisseaduste, optika, gravitatsiooni ja kõrgema matemaatika arengusse oli märkimisväärne. Newtoni ideed valguse, liikumise ja gravitatsiooni kohta jäid füüsikas valitsevaks pea kolmeks sajandiks, kuni Albert Einstein need oma relatiivsusteoorias ümber sõnastas. Newton vaidles Leibniziga ägedalt kõrgema matemaatika avastamise üle, tekitades nii teadusringkondades tõsise lõhe. Tänapäeval leitakse, et nii Newton kui Leibniz väärivad tunnustust oma panuse eest kõrgemasse matemaatikasse, mille abil saab asjade muutumist kirjeldada erinevates valdkondades, nt füüsikas, inseneriteaduses, majandusteaduses, bioloogias, arstiteaduses jm. Suurest uudishimust ja lootuses tuua päevavalgele looduse peidetud saladusi uuris ta ka alkeemiat, kuid et ta ei teadnud, et elavhõbe on mürgine, tekkisid tal sellega katsetamise käigus tõsised terviseprobleemid.

Fig. 21

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)**Sõnastas dünaamika teooria, mis põhineb kineetilisel ja potentsiaalsel energial.**

Gottfried Wilhelm Leibniz oli Saksa erudiit, kes tegutses matemaatiku, filosoofi, teadlase ja diplomaadina ja kirjutas teoseid filosoofia, teoloogia, eetika, poliitika, õigusteaduse, ajaloo ja filoloogia alalt. Leibniz andis olulise panuse ka füüsikasse ja tehnoloogiasse ning oskas ette näha, mis hakkas alles palju hiljem toimuma tõenäosusteoorias, bioloogias, arstiteaduses, geoloogias, psühholoogias, keeleteaduses ja arvutiteaduses. Tema leiutatud arvutusmasin, mida nimetati Leibnizi rattaks, oli mehaanilise kalkulaatori algne mudel. Tihti erinesid ta arvamused Descartes'i ja Newtoni omadest. Leibniz sõnastas uue liikumisteooria – dünaamika, mis põhineb kineetilisel ja potentsiaalsel energial.

Fig. 22

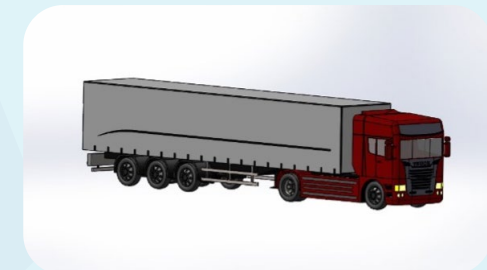
Siit leheküljelt leiad ülesandeid koolis või kodus iseseisvaks katsetamiseks. Lisaülesandeid võid leida ka kodulehelt.

Ülesanded katsetamiseks:

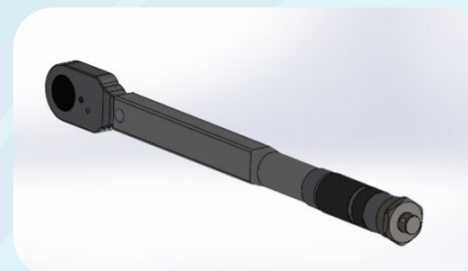
1. Proovi lahendada siin peatükis toodud Newtoni inertsiseadusega seotud iseseisvaid ülesandeid ja leia nende hulgast üks, mida läbi viia.
2. Kasuta Newtoni kolmandat seadust.
 - Rulale asetatud föön
 - Kaks võrdse kaaluga inimest seisavad kahel rulal
 - Õhupallirakett.
3. Meisterda endale vedrukaal.

Tehniline rakendamine:

1. Kuidas suudavad veokid kallakuga teel tasakaalu hoida?



2. Kuidas püsivad veokid suurel kiirusel kurvi läbides teel?

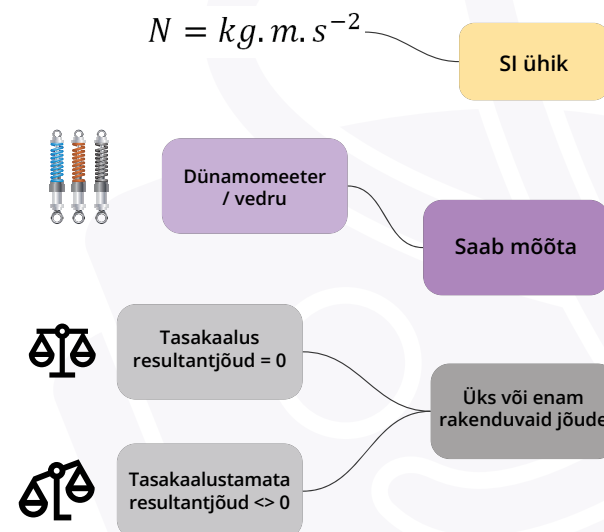


2. Kuidas töötab dünamomeetriline võti?

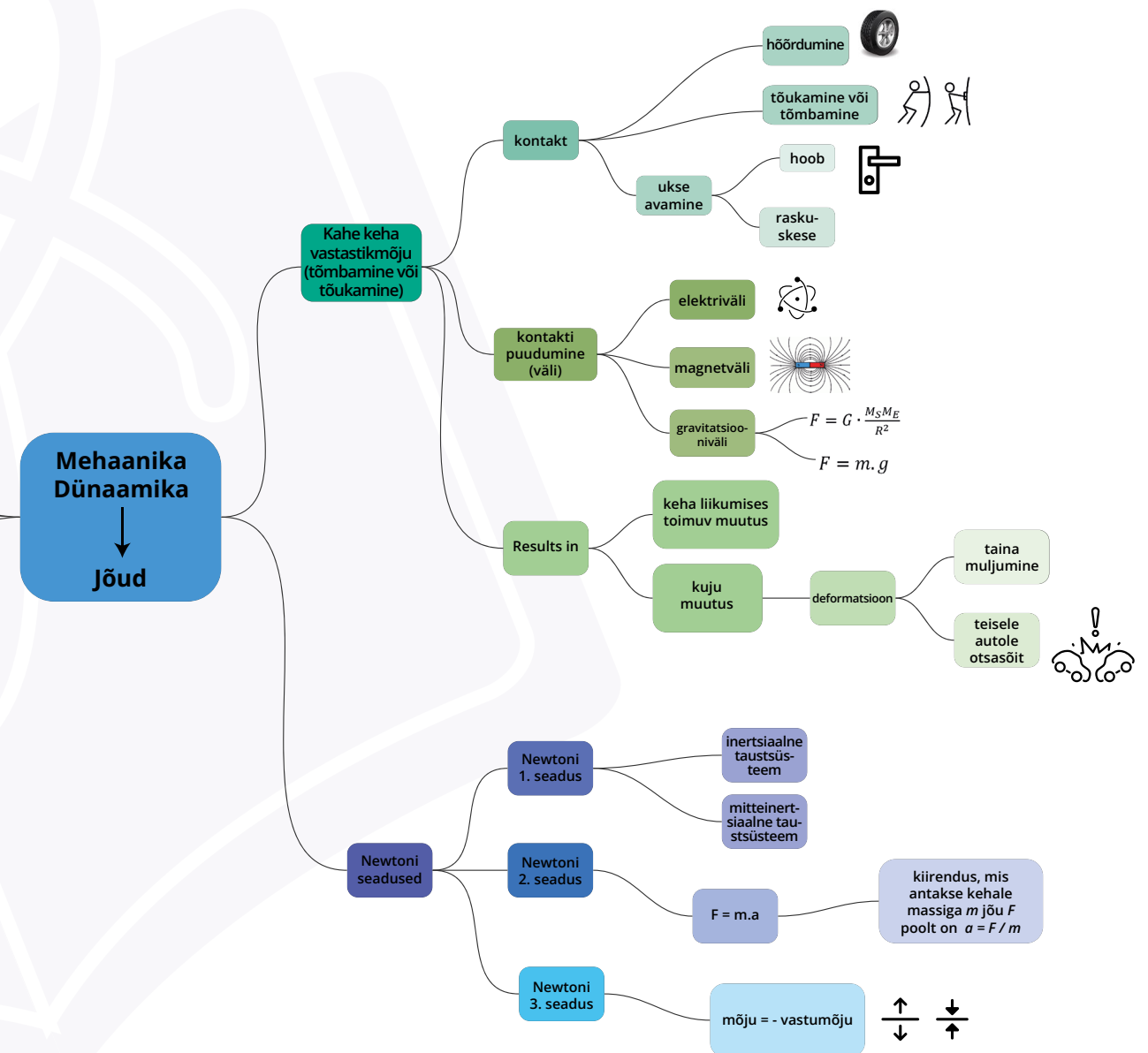
Mehaanika – dünaamika: Mis on jõud?

Selles peatükis jätkame mehaanika uurimist. Seni kirjeldasime liikumist vektorkiiruse, teepikkuse ja kiirenduse arvutamise kaudu, samuti kirjeldasime olukordi, kus liikumine muutub, kuid miks see muutub, on jäänud lahenduseta. Selles peatükis tegeleme jõu mõistega. Peatükk koosneb järgmistest osadest:

- ▶ Mis on jõud?
- ▶ Liigub või mitte?
- ▶ Newtoni seadused
- ▶ Newtoni seaduste rakendamine
 - Raskusjõud
 - Hõõrdejõud
- ▶ Füüsika mänguväljakul ja kosmoses.
- ▶ Jõud pöörav mõju
- ▶ Raskuskese



Mõistekaardilt selgub, millest siin peatükis juttu tuleb. Kõik on seotud erinevate jõududega. Mis on jõud, kuidas seda oma meelte abil tajume, mis on rakenduvate jõu(dude) mõju, milliseid seadusi ja vahendeid kasutame arvutuste tegemiseks ja milliseid SI-ühikuid kasutatakse.



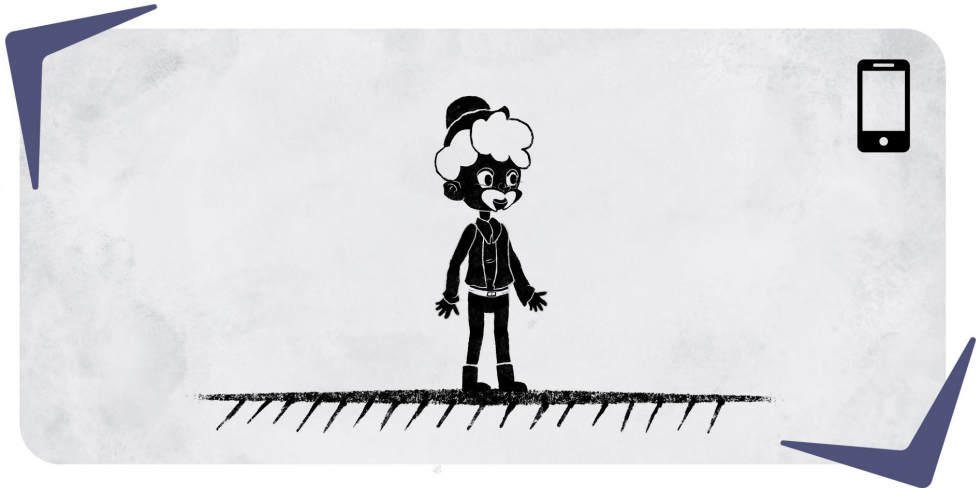
Esimeses peatükis „Mis on füüsika?” oli juttu sellest, kuidas teadlased töötavad. Esimene samm on vaatlemine. Tajume maailma oma meelte abil. Need viis põhimeelt on nägemine, kuulmine, kompimine, haistmine ja maitsemeel. Meelte toimimise taustal on palju füüsikat, bioloogiat ja keemiat. Meie tajuorganeid stimuleerivad peamiselt lained. Silmad tajuvad nähtavat valgust. Kuulmisega tunnetame helilaineid. Nahaga tajutav on oma olemuselt mehaaniline. Need meeled reageerivad survele, paindumisele ja retseptorite muudele mehaanilistele moonutustele. Sellest võib mõelda kui tõukamisest, tõmbamisest või vahel ka paindumisest. Alustame aga rakenduva jõu tajumisest. Järgnevates näidetes kirjeldatakse erinevaid olukordi, kus Arphy kogeb tõmbamist ja tõukamist. Enne animatsiooni vaatama asumist mõtle veidi, et oma sisetunnet testida.

Alustame rakenduva jõu tajumisest, selgitades vastastikmõjusid, et mõista liikumise ja jõu vahelist seost. Uurime Newtoni seadusi ja jätkame nende seaduste praktiliste rakendustega. Liigume samm-sammult edasi, vaatame videoid ja animatsioone ning võimalusel pakume ideid iseseisvateks ülesanneteks ja praktilisteks rakendusteks.

1. näide

Arphy seisab põrandal.
Kuidas sulle tundub – kas Arphy tunneb tõmmet või tõuget? Vastuse leiad animatsio-
onist. Seismine on meie jaoks igapäevane kogemus. Tajume seda meeltega, kuid aju
sellele tegevusele enam suurt tähelepanu ei pööra ja selles olukorras ohtu ei taju.

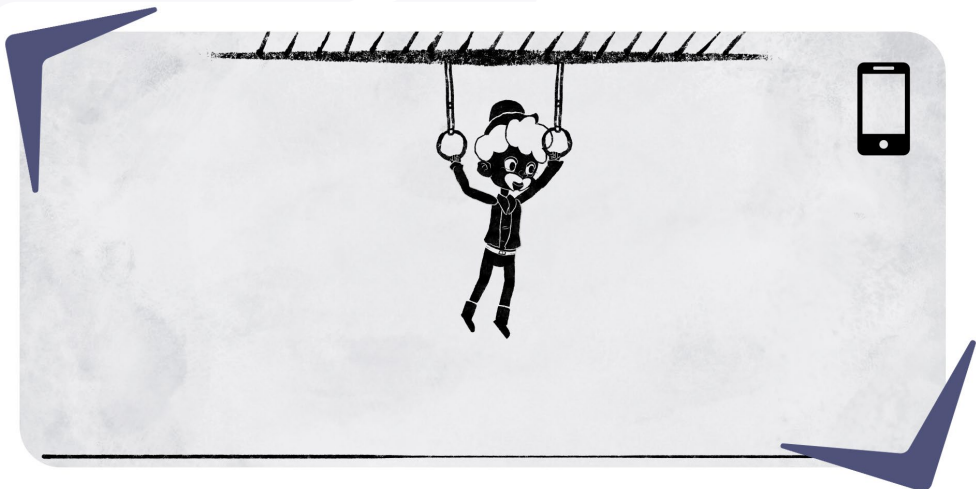
Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



2. näide

Selles näites läheb Arphy jõusaali ja ripub võimlemisrõngastel. See pole tema jaoks
igapäevane tegevus. Mis tunne tal käsivartes tekib? Mis juhtub, kui ta end enam kin-
ni ei hoia?

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



3. näide

Kolmandas ja neljandas näites rakendab Arphy sõber tema suhtes jõudu. Mis Arphyga juhtub?

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



4. näide

Vaata esmalt animatsiooni ja seejärel mõtle nende kahe nähtud olukorra erinevuste.

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



5. näide

Arphy lööb palli erinevatel pindadel, nt murul ja parkettpõrandal.
Küsimus: Miks läks pall liikuma?
Miks pall ei peatunud mõlemal juhul samal kaugusel?
Vaata lähemalt animatsioonist.

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



6. näide

Arphy istub sirgjooneliselt liikuvast autos, mis sõidab pidurdamata otsa seisvale mikrobussile. Meie animatsioonides ei juhtu Arphyga midagi, keskendu siinkohal vaid autodele. Vaata animatsiooni ja püüa vastata järgmistele küsimustele.
Mis autodega juhtus? Kas need liikusid ja kui, siis kuidas?

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



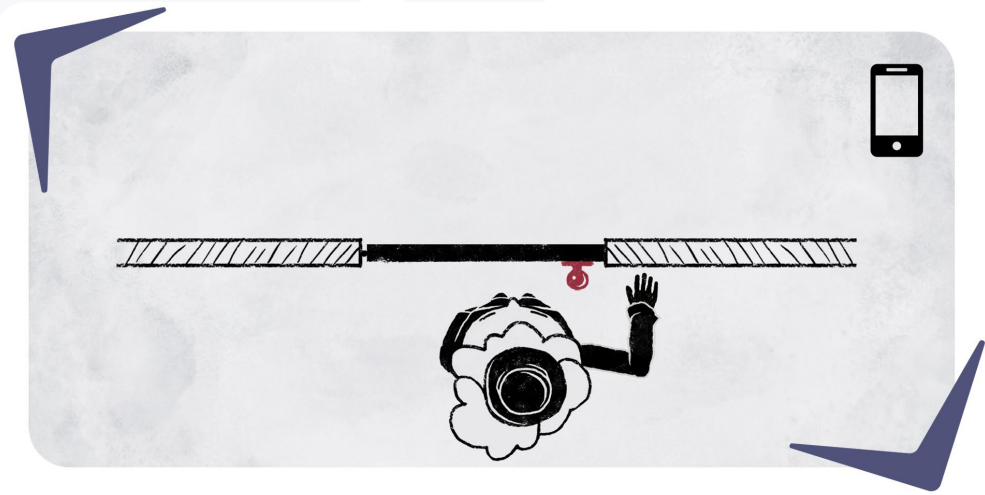
7. näide

Muutsime veidi olukorda ja nüüd istub Arphy sirgjooneliselt liikuvast autos, mis sõidab pidurdamata otsa väiksemale seisvale autole. Vaata animatsiooni ja püüa vastata järgmistele küsimustele.
Mis autodega juhtus? Kas need liikusid ja kui, siis kuidas?
Kuidas erinevad su vastused nende kahe kokkupõrke puhul?
Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



8. näide

Arphy avab uksenupust hoides ukse erinevatelt kaugustelt selle pöörlemisteljel. Vaata animatsiooni ja püüa vastata järgmistele küsimustele.
Kuhu paigaldaksid sina uksenupu, et ukse avamine oleks võimalikult kerge?
Võid katsetada ka nii, et püüad ust lükata erinevatest kohtadest ja avada seda uksepiidast erinevatelt kaugustelt.
Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



Kõikidel siinsetel juhtumitel on aga üks ühine tegur – tõukamine või tõmbamine. Nii kirjeldamegi jõu rakendumist kehadele.

Jõu ja liikumise mäng

Pildil on kujutatud erinevaid tegevusi: sorteeri need tabelis TÕUKA ja TÕMBA alla.

Sorteeri tõuka



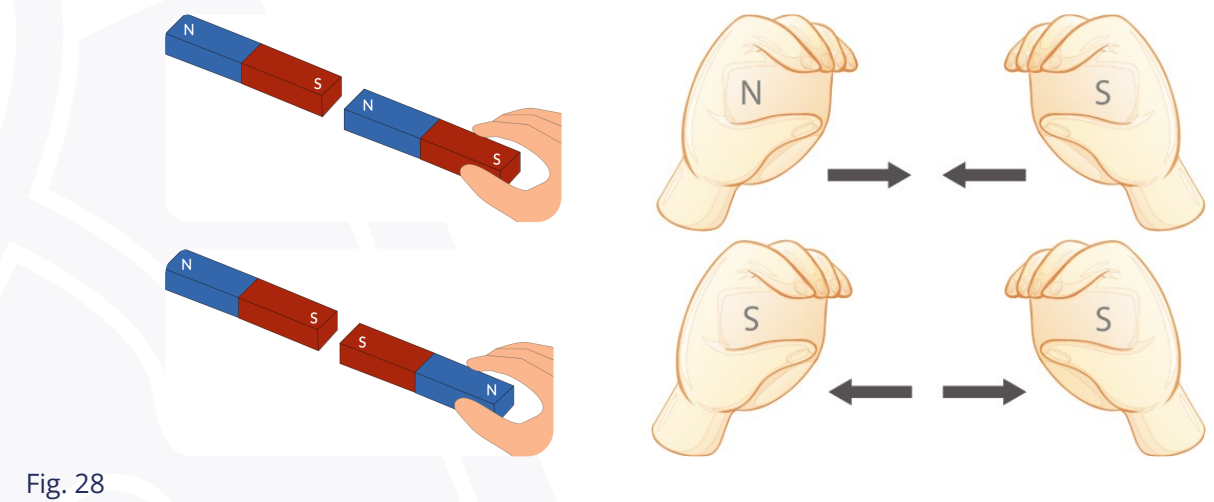
Sorteeri tõmba



TÕUKA	TÕMBA

Seniõeldu põhjal võime nõustuda, et jõud on vastastikmõjude mõõt. Meie näidetes puutusid kehad kokku, kuid see võib toimuda ka väljade, nagu nt magnetvälja, elektrivälja või gravitatsiooni- ehk raskusjõuvälja kaudu. Siin on mõned näited sellistest vastastikmõjudest.

Magnetväli



Elektriväli



Gravitatsiooniväli



Vastastikuse kontakti puhul võib esineda ka deformatsioon, kuid siinsetes näidetes eeldasime, et keha on jäik, mis tähendab, et tegu on tahke kehaga, mis ei deformeeru või on deformatsioon nii tühine, et selle võib arvestamata jätta.



Mehaanika – dünaamika: Liigub või mitte?

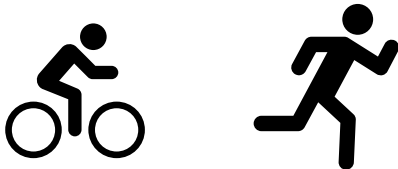
Teeme väikese põike tehtud avastustesse: animatsioonides nägime, et kehale mõjuvad jõud annavad väga erinevaid tulemusi. Juba Aristotelese ajast saadik (348–322 e.m.a.) on liikumise muutumist täheldatud ja tolleaegsed teadlased tundsid huvi selle vastu, kuidas jõud ja liikumine on omavahel seotud. Aristotelese jaoks oli paigalolek kehale loomulik olek ja ta uskus, et jõud on vajalik selleks, et keha liikumas hoida. Aristoteles väitis veel, et mida suurem on kehale mõjuv jõud, seda suurem on selle kiirus.

Umbes 2000 aastat hiljem lükkas Galilei selle väite aga ümber. Ta väitis, et kehale on samavõrd loomulik olla ühtlase kiirusega pidevas liikumises kui paigalolekus. Galilei hakkas seda eksperimentide ja vaatluste abil uurima.

Galilei eksperiment põhines küll vaatlustel, kuid sealjuures kujutas ta ette äärmuslikke olukordi.

- Tema mõttekäik oli järgmine. Püüa seda ette kujutada:
- 1. Kareda pinnaga eseme lükkamiseks ühtlase kiirusega mööda lauapinda läheb vaja teatud hulgal jõudu.
 - 2. Sama raske, aga väga sileda pinnaga eseme lükkamine üle laua sama kiirusega nõuab palju vähem jõudu.
 - 3. Kui eseme pinna ja lauapinna vahele panna kiht õli või mõnda muud määrdeainet, siis pole eseme liigutamiseks peaaegu mingit jõudu vaja.
 - 4. Pane tähele, et iga järgneva sammu puhul läheb vaja vähem jõudu.
 - 5. Järgmise sammuna kujutles ta, kuidas ese ei hõõrdu üldse vastu lauda – või on eseme ja laua vahel ideaalne määrdeaine – nii liiguks ese üle lauapinna ühtlase kiirusega ilma, et sellele rakendus üldse mingi jõud.
 - 6. Terasest kuullaager, mis veereb kõval horisontaalsel pinnal, oleks hea näide sellisest olukorrast.

Liikumise muutumise ja jõu seose sõnastas lõpuks Sir Isaac Newton (1642–1727), kes kuulub kõigi aegade suurimate füüsikute hulka. Newtoni ema jäi varakult leseks, kuid abiellus peagi ja Isaac saadeti maale vanavanemate juurde, kus ta üles kasvas ja kus tal oli hea võimalus tegeleda kõikvõimalike eksperimentidega. Kuigi ema lootis, et poisist saab põllumees, huvitas Isaacit pigem õppimine.

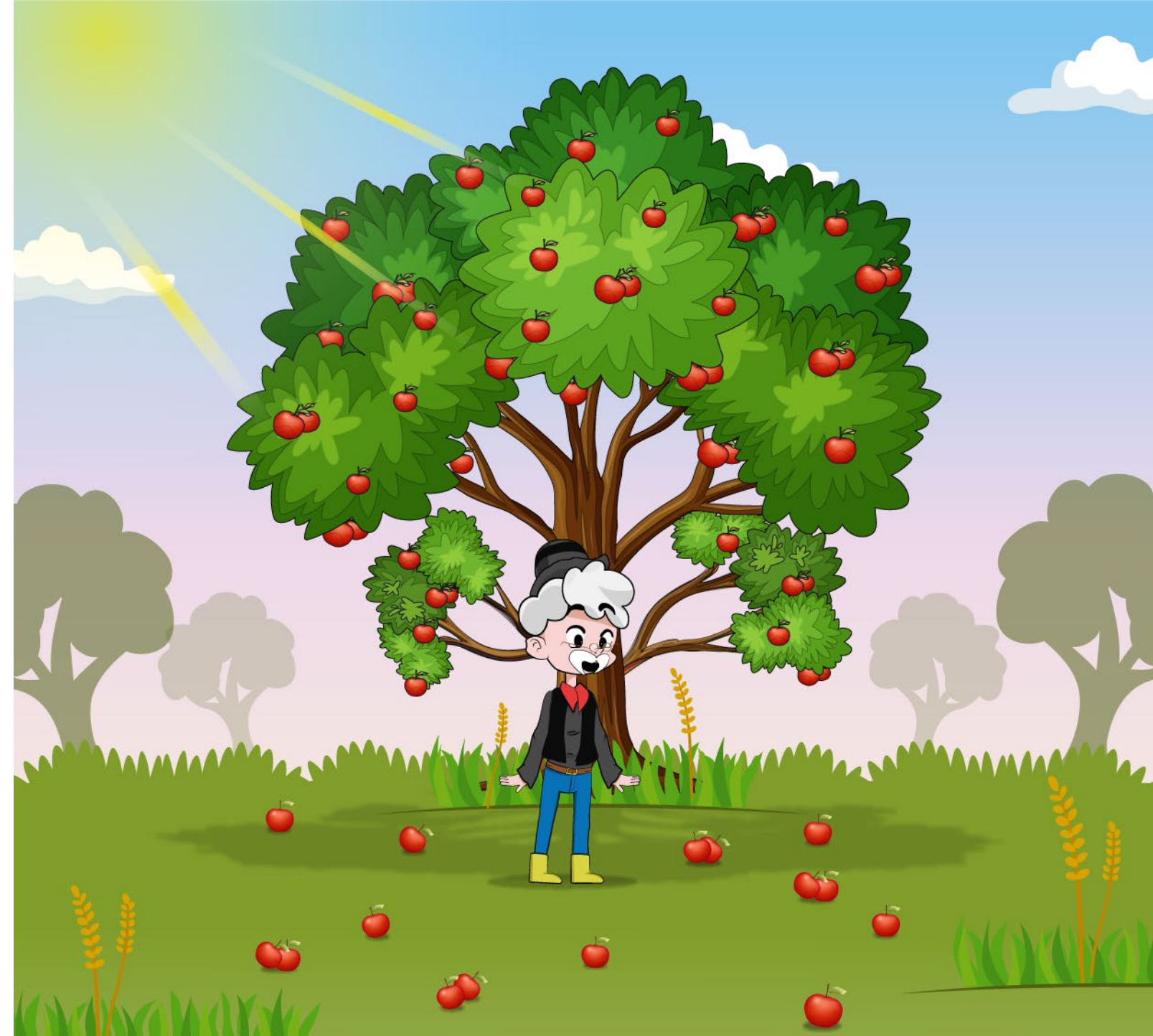
Isaac Newton	Isaac Newton - Füüsika	
Matemaatika	Liikumine	
		
Füüsika	Gravitatsioon	
	Valgus	
Keemia		
		



Newton tudeeris Cambridge'i ülikoolis, kui see 1664. a ootamatult 18 kuuks muhkkatku epideemia tõttu suleti, üsna sarnaselt tänapäeva koroonapandeemiaga. Newton kolis tagasi maale, kus ta avastas liikumise ja gravitatsiooniseadused ja pani aluse kõrgemale matemaatikale. Ja nii oligi – juba 22aastaselt said teoks tema elu suurimad saavutused.

Newtonit peetakse kõigi aegade suurimaks teadlaseks, sest tal õnnestus mitte ainult kirjeldada, mis toimub, aga nägi ka vajadust avastada – see tähendab selgitada välja, miks miski juhtub. Tänu temale kasutame matemaatikat füüsika kirjeldamiseks. Newton näitas, et õigel hetkel tehtud õige kirjeldusega suudame kirjeldada tulevikku.





2. OSA

MEHAANIKA: DÜNAAMIKA



ARPHYMEDES



Mehaanika – dünaamika: Newtoni seadused

NEWTONI ESIMENE SEADUS

17. sajandil käis Newton välja kolm peamist ideed, mida füüsikas rakendatakse tänapäeval pea kõigi kehade liikumisele, ükskõik kui suured need on. Tema mõtted leidsid katsetamist ja ka tõestust, aga hakkasid tasapisi mõranema, kui teadlased asusid uurima valguskiirusel liikuvaid kehasid, üliväikeseid osakesi aatomites, äärmuslikke temperatuure ja hiiglaslikke kehasid, terveid galaktikaid, mis üksteisele mõju avaldasid.

Newtoni esimene seadus ütleb, et paigalolekus jääb keha paigale ja liikuv keha jääb enamasti liikuma samas suunas ja sama kiirusega, kuni mingi jõud seda tõukab või tõmbab.

Seda keha kalduvust säilitada paigalolekut või ühtlast sirgjoonelist liikumist nimetatakse inertsiks. Seetõttu nimetatakse Newtoni esimest seadust sageli inertsiseaduseks.

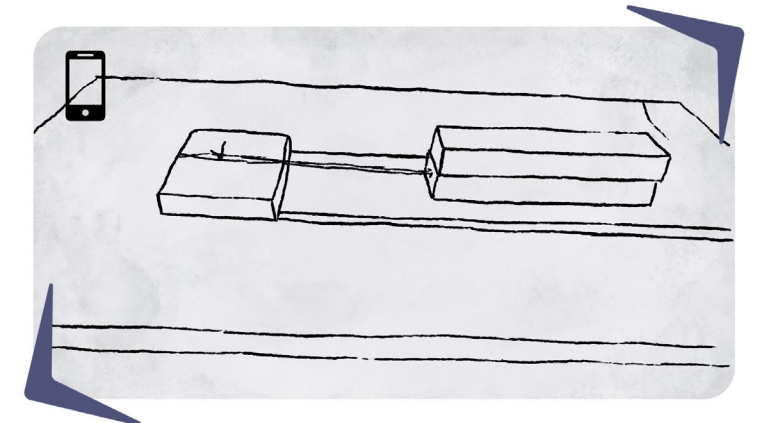
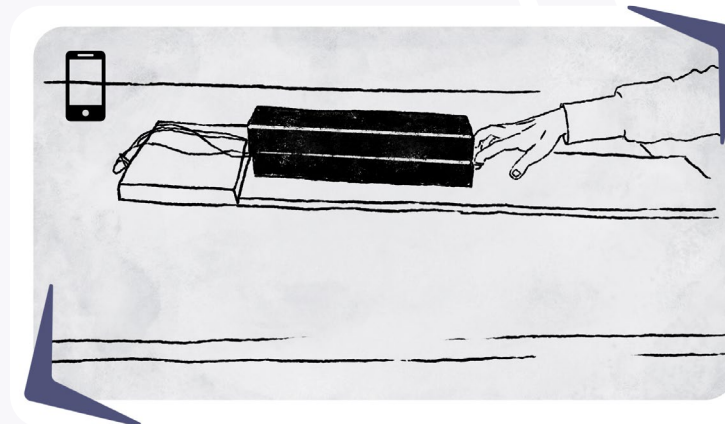
Newton ise ütles, et oma seadusi sõnastades toetus ta eelkäijate avastustele, kelle seas on ka varem mainitud Galileo Galilei. Ta kujutas ette täiuslikku maailma – sellist maailma, kus puudub hõõrdumine – ja nõustus, et see viiks palju täpsema ja rikkalikuma arusaamani meid ümbritsevast maailmast.

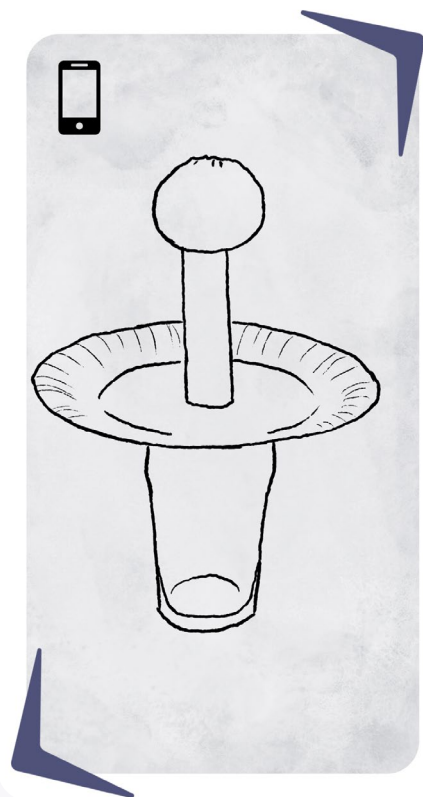
Füüsikas tuleb päris tihti ette vaatluste lihtsustamist, näiteks siis, kui jälgime mitme jõu mõju erinevatele kehadele. Püüame mõned tegurid tähelepanuta jätta – näiteks ei arvesta kehade suurust või siis kujutleme kehi täiuslikult jäigana või jätame arvestamata hõõrdejõu. Siiski tuleb sellistes olukordades olla ettevaatlik. Näiteks langevarjuhüppel võime hõõrdejõu puudumisel surma saada, samuti on ralliautode disainerid teadlikud sellest, kui tähtis on hõõrdejõud, aga ka sellest, et autod pole purunematud jne.

Katseta Newtoni esimest seadust nüüd ise: jälgi videos kahe puidust klotsi liikumist. Üks neist on kinnitatud kummipaelaga puidust laua ühele küljele.

Kõigepealt seame mõlemad klotsid lahtiselt üksteise otsa. Kui tõmbame alumist klotsi ja laseme selle lahti, siis alumine klots liigub, aga ülemine jääb enamvähem paigale.

Seejärel kinnitame ülemise klotsi alumise külge. Kui tõmbame taaskord alumist klotsi ja laseme selle lahti, siis juhtub teisiti. Klotsid peatuvad. Alumine klots jääb paigale, aga ülemine liigub inertsil mõjul edasi.





Nii mõnedki inertsiseaduse katsed tunduvad justkui mustkunstitrikid. Ühte neist saad vaadata videost. Päris efektse triki saab läbi viia näiteks laudlinaga. Tõmba laudlina järsu tõmbega laualt ja sellel olnud taldrikud ja klaasid jäävad lauale püsti.

Ülesanne katsetamiseks.

Selle katse läbiviimiseks läheb sul vaja ainult 0,7 l plastikpudelit ja tavalist nõõri.
Töö käik:
Aseta veega täidetud pudel lauanurgale. Katseta kõigepealt suletud pudeliga ja kui oled juba piisavalt harjutanud, keera kork maha ja proovi sama avatud pudeliga. Seo nõõri üks ots pudelikaela ümbe.

1. Tõmba aeglaselt nõõrist.
Nõõrist aeglaselt tõmmates kukub pudel ümber. Miks see juhtus?

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.

Kirjeldatud katset saab aga läbi viia ka märksa ohtlikemas tingimustes. Selleks asetame lauanurgale mahlakannu ja selle põhja alla veepudeli. Viime läbi samasuguse katse. Kuid seekord tuleb pudelit tõmmata järsult. Seda saab teha nii, et kerime nõõri teise otsa pliiatsi ümber ja hoiame seda käes. Teeme käega järsu liigutuse, aga nii, et nõõr sõrmedesse ei takerduks, sest see takistaks järsu liigutuse tegemist.

2. Tõmba järsult nööri.

Väga kiiresti tõmmates nöör katkeb, kuid pudel ei liigu isegi paigast. Kas oskad seletada, miks?

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.

Ülesanne katsetamiseks.

Pane kirja iseseisvalt katsetamiseks Newtoni esimest seadust rakendav eksperiment.

1. Tee eelnevalt uurimistööd: loe raamatuid, otsi veebist ja vali välja mõni kirjeldatud katse. Ära unusta selle allikat kirja panemast.
2. Tee nimekiri asjadest, mida vajad.
3. Kirjuta üles töö käik.
4. Vii katse läbi.
5. Esitle katset klassikaaslastele või vii see läbi kodus ja palu vanematel sellest video teha.
6. Mis valmistas kõige rohkem probleeme? Mida selle katse käigus õppisid?

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.

Katse sai valitud sellisest allikast:

Selleks läks vaja:

Katse visand:

Töö käik:



NEWTONI TEINE SEADUS

Vana-Kreeka filosoof Aristotelesest (384–322 e.m.a.) said alguse liikumisseadused. Tema loodusvaatlustele rajatud liikumise kohta käivad ideed leidsid laialdast toetust. Aristoteles väitis, et selleks, et midagi liikumas hoida, peab sellele pidevalt rakenduma mingi jõud. Samuti arvas ta, et langevatele kehadele avaldab mõju nende kaal. Aristotelese teooriad seati kahtluse alla alles 16. sajandil, kui Nicolaus (Mikołaj) Kopernik avaldas oma heliotsentrilise (ehk päikesekeskse) universumi mudeli. Aristotelese arvates pöörlesid Päike, Kuu ja planeedid ümber Maa. Kuigi Koperniku heliotsentriline mudel ei puudutanud otseselt liikumise mehaanikat, tõi tema kirjeldatud kosmoloogia siiski esile Aristotelese teaduse nõrkused.

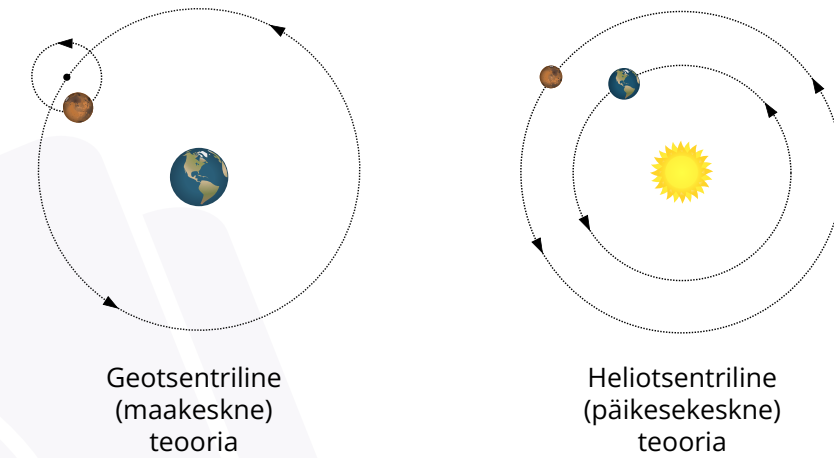
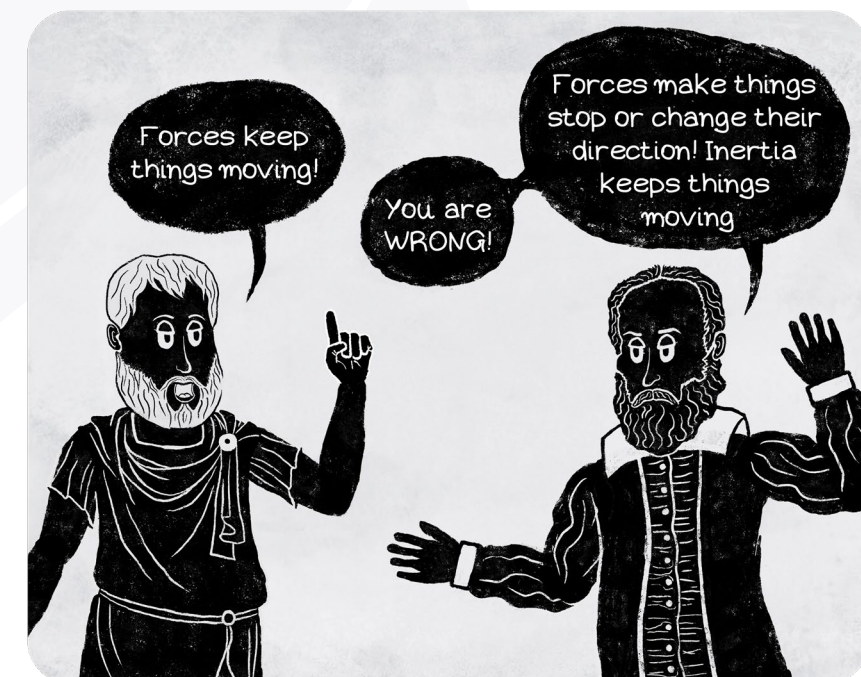


Fig. 29

Järgmine teadlane, kes Aristotelese teooriates kahtles, oli Galileo Galilei. Tema katsed langevate kehadega kinnitasid, et Aristotelese veendumus, et langevaid kehi mõjutab nende kehade mass, oli ekslik.



Kuid lõpuks muutis arusaama liikumisest René Descartes, kes töötas välja (Cartesiuse) koordinaadisüsteemi. Descartes sõnastas kolm looduseadust. Põhimõtteliselt ta väitis, et iga keha jääb alati samasse olekusse ja kui seda miski liigutab, jääb see igavesti sirgjooneliselt liikuma.

Newton toetus kahtlemata Descartes'i avastustele.

Newtoni teine seadus ütleb, et kehale mõjuv jõud võrdub keha massi ja selle jõu poolt kehale antud kiirenduse korrutisega.

Newtoni teine seadus väidab, et kui keha kiirus muutub või liiguvad kehad muudavad suunda, või nii kiirust kui suunda, siis on see tekkinud välise jõu mõjul.

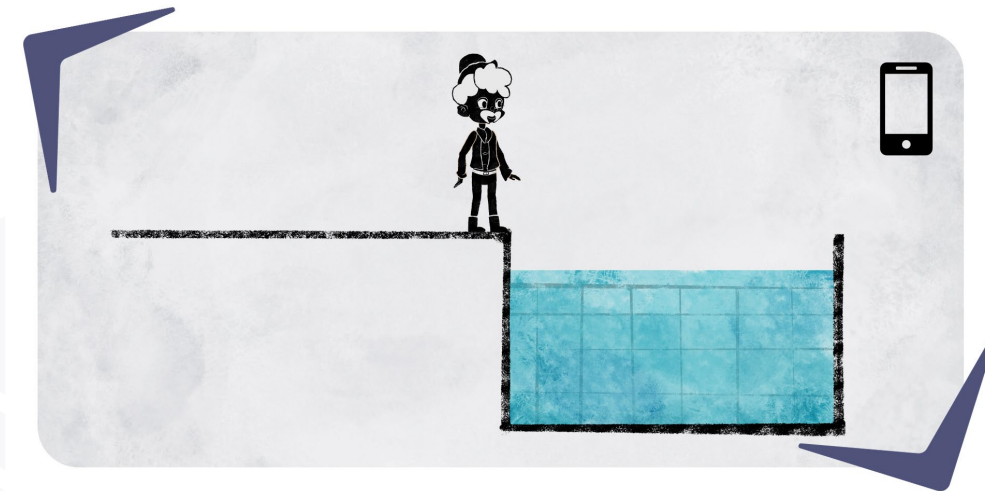
Jõud – **F** , SI ühik on njuuton - tähis N.

Newtoni teine seadus kirjutatakse tavaliselt järgmisel kujul: $F=ma$, ühikutes $N=kg \cdot m \cdot s^{-2}$

Jõud ja kiirendus on suurused, mille puhul peame teadma lisaks hulgale ka suunda. Sellistel puhkudel kasutame valemite **rasvases kirjas** sümboleid või tähistame selle pluss- või miinusemärgi abil (nii nagu tegime kinemaatikas tutvustavas peatükis). Järgnevatel lehekülgedel leiad mõned näited, mis aitavad Newtoni teist seadust paremini mõista. Animatsioonis näed Arphyt basseini serval. Jõu suund (tõukamine või tõmbamine) muudab siin väga palju.



Vaata animatsiooni. Sõltuvalt jõu suunast saab Arphy kas läbimärjaks või ta võib basseini kõrval turvaliselt seista. Tõukamise ja tõmbamisega seonduvaid näiteid on meil juba olnud, kuid seni oleme keskendunud peamiselt sellele, kuidas tajume jõu mõju.



Kuidas on Newtoni teise seadusega aga igapäevaelus lood? Arvutame välja kiirenduse, millega Arphy sikutab kelku animatsioonis näidatud erinevais olukordades. Arphy tõmbab kelgu jõuga 100 N, kusjuures kelgu mass on 50 kg. Küsimus: Mis on kelgu kiirendus? Vastus:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{100 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Nüüd aga on meil kaks Arphyt, kes tõmbavad kelku massiga 50 kg samas suunas.
Küsimus: Mis on kelgu kiirendus?
Vastus:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{200 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Aga mis juhtub, kui Arphy tõmbab kelku, mille mass on 100 kg?
Küsimus: Mis on kelgu kiirendus?
Vastus:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{100 \text{ N}}{100 \text{ kg}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Nüüd tõmbavad kaks Arphyt kelku massiga 100 kg samas suunas.
Küsimus: Mis on kelgu kiirendus?
Vastus:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{200 \text{ N}}{100 \text{ kg}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Hoopis teises olukorras on meil aga neli Arphyt, kes tõmbavad kelku massiga 100 kg vastassuundades.

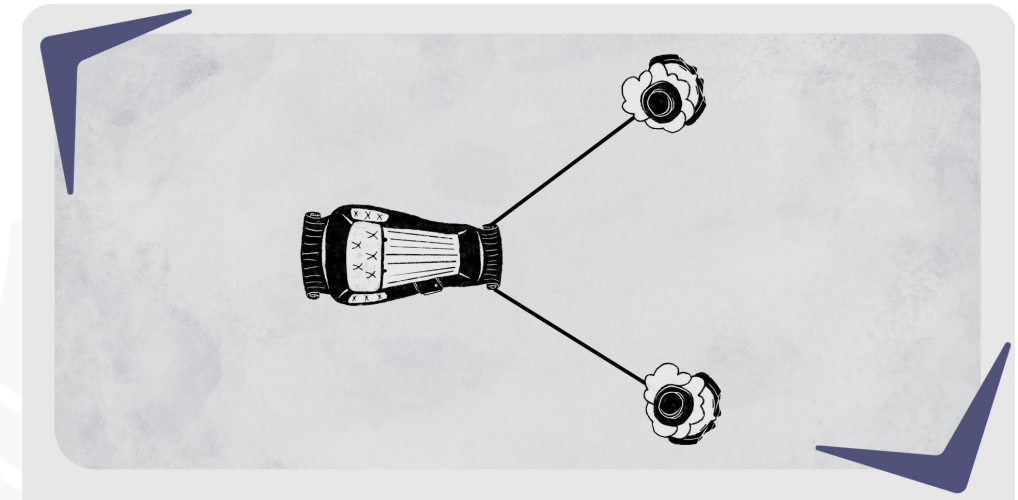
Küsimus: Mis on kelgu kiirendus?

Vastus: Pea meeles, et peame arvestama ka suunda.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{200 \text{ N} - 200 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

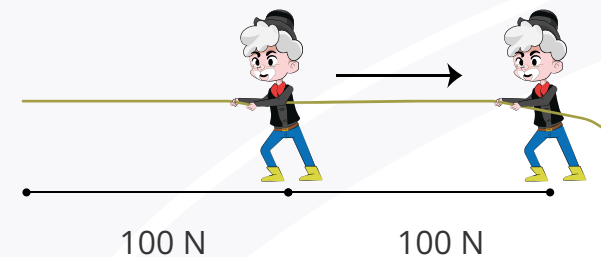


Teeme veel ühe muudatuse. Nüüd tõmbab kaks Arphyt kelku massiga 100 kg kahe jõuga, mille vahel on teatud nurk.
Küsimus: Mis on kelgu kiirendus?
Vastus:

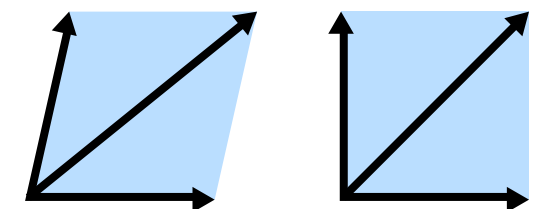


Videotes nähtud katsed näitavad, et Newtoni teise seaduse puhul on meil tegu välise resultant- ehk kogujõuga. Resultantjõud on kõigi teatud suuruse ja suunaga kehale mõjuvate jõudude summa.
Siin aitavad meil seda mõista animatsioonid ja joonised.

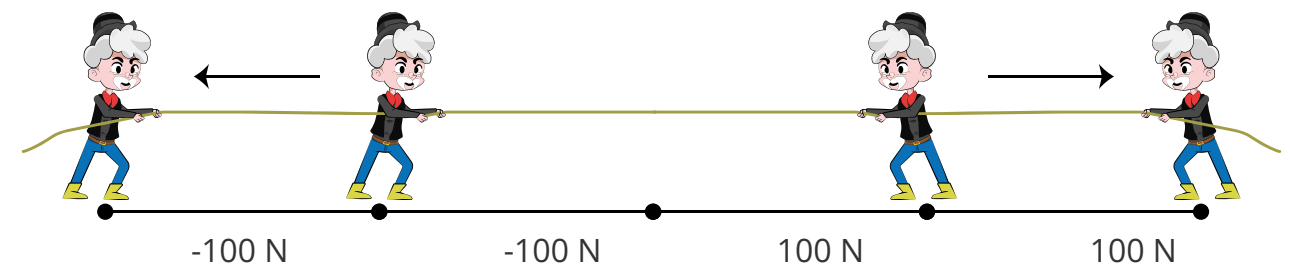
200 N – resultant- ehk kogujõud



Resultant- e. kogujõud sõltub nurgast



Resultant- ehk kogujõud = 0



Selleks, et mõista sisemise ja välise jõu erinevust, võtame appi järgmise animatsiooni. Kui Arphy lükkab autot väljastpoolt, rakendab ta välist jõudu ja auto liigub paigast. Autos sees istudes võib Arphy lükata rooli nii jõuliselt kui suudab, kuid sellest ei muutu midagi. Auto ei liigu paigast, sest rooli lükkamine on sisemine jõud.



Kokkuvõttes võib öelda, et kui meil on teada vektorkiiruse muutus, siis on meil teada ka kiirendus ja saame ennustada, kus keha teatud ajahetkel ruumis paikneb. Teades kõiki korvpallile mõjuvaid jõude (sh õhu hõõrdejõudu), saame välja arvutada, kas korvpalluril õnnestub pall korvi visata või mitte.



NEWTONI KOLMAS SEADUS

Newtoni kolmas seadus ütleb, et iga mõju (jõu) kohta on võrdne vastumõju (vastasjõud). Kui keha tõugata, siis see keha tõukab samatugevalt samasuunas vastu. Jõud esinevad paaris. Hea näide jõudude vastastikmõjust on ajaloofilmidest nähtud suurtüki tagasilöök kuuli väljatulistamisel. Suurtükitorust kuuli väljatulistamise hetkel pörkub suurtükk ise tagasi. Näites on kasutatud Leonardo da Vinci suurtüki pilti.

Ülesanne: Leia selle kohta vähemalt 3 näidet.

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.

Millist neist jõududest peetakse **mõjuks** ja millist **vastumõjuks** polegi oluline. Seda enam, et kuigi mõlemad jõud on võrdse suurusega, mõjuvad nad erinevatele kehadele ja sõltuvalt nende kehade massidest on ka nende jõudude tulemus erinev.

Reaktsioonijõud rakenduvad isegi siis, kui üksteisele mõjuvad kehad ei ole vahetus kontaktis, seega nendevahelised jõud peavad täitma kehadevahelise tühja ruumi. Nii on see kahe magneti (magnetväli), elektrilaengute (elektriväli) ja kehade gravitatsioonivälja puhul. Ja ehkki me seda alati ei märka, on sellised jõud igapäevaselt meie ümber.



Fig. 30

Arvutamegi nüüd välja maakera ja õuna vahelise reaktsioonijõu. Õun kukub vabalangemisel teatud kõrguselt alla maapinnale. Maa tõmbab õuna enda poole gravitatsiooni ehk raskusjõu abil. Kui selle tõmbe suuruseks oleks ütleme 5 N, siis Newtoni kolmanda seaduse järgi peaks õun tõmbama Maad vastassuunalise jõuga 5 N.

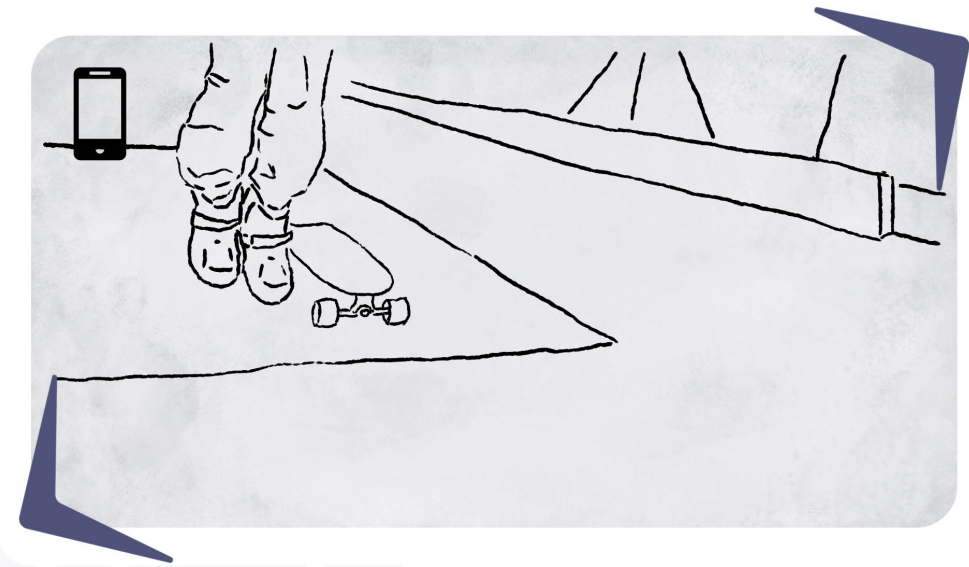
Vastastikjõud kehtib ka gravitatsiooni puhul – õuna poolt rakendub Maale raskusjõud. Siiski on õuna mõju Maale ebaoluline, kuna Maa mass on nii suur, et tühine 5 N tekitab Maale vaid olematu kiirenduse ($a = 8 \times 10^{-25} \text{ m/s}^2$).



Kui Arphy kõnnib, siis tõukab ta maad ja maa tõukab vastu – ka see on näide mõjust ja vastumõjust. Maa tõukab vastu Arphy suunas, mis tähendab, et mõjub jõud, mis Newtoni teise seaduse järgi annab talle kiirenduse, kuid samal ajal rakendub vastassuunaline hõõrdejõud, seega Newtoni esimese, inertsiseaduse järgi kõnnib ta enamvähem sama kiirusega.

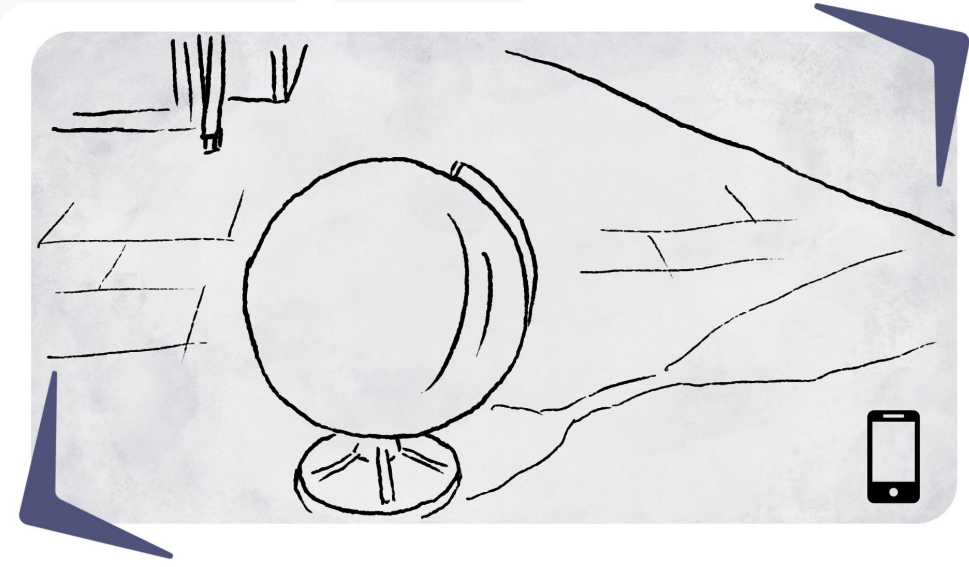
Sama lugu on hüppamisega. Hüpates tõukame maapinda, et saaksime ise edasi liikuda. (Kui miski liigub edasi, siis peab miski alati liikuma ka tagasi.) Vaata videot hüppamise kohta. Kui proovime teha sama rula peal seistes ja hüpata edasi, siis see osutub võimatuks, sest me ei saa rakendada piisavalt vastassuunalist jõudu. Miks see nii on?

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



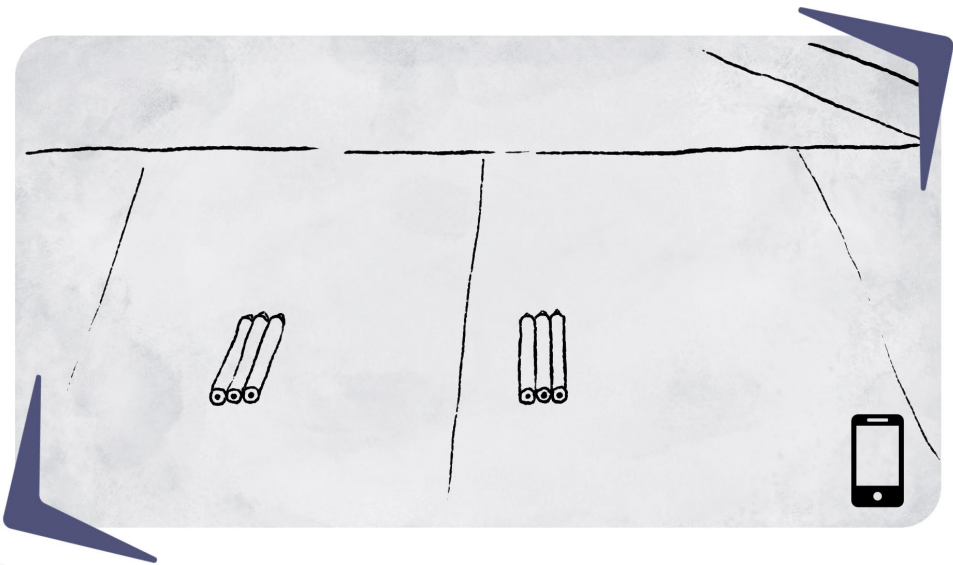
Vaata videost, kuidas mänguauto paneb gloobuse keerlema. Selleks, et auto saaks edasi liikuda, peab miski tagasi liikuma. Gloobus aga ei püsi paigal, seega paneb auto selle keerlema.

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



Sama juhtub siis, kui mänguauto liigub pliiatsitele asetatud vahtplastist klotsil. Klots liigub tagasi, et auto saaks edasi liikuda.

Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.

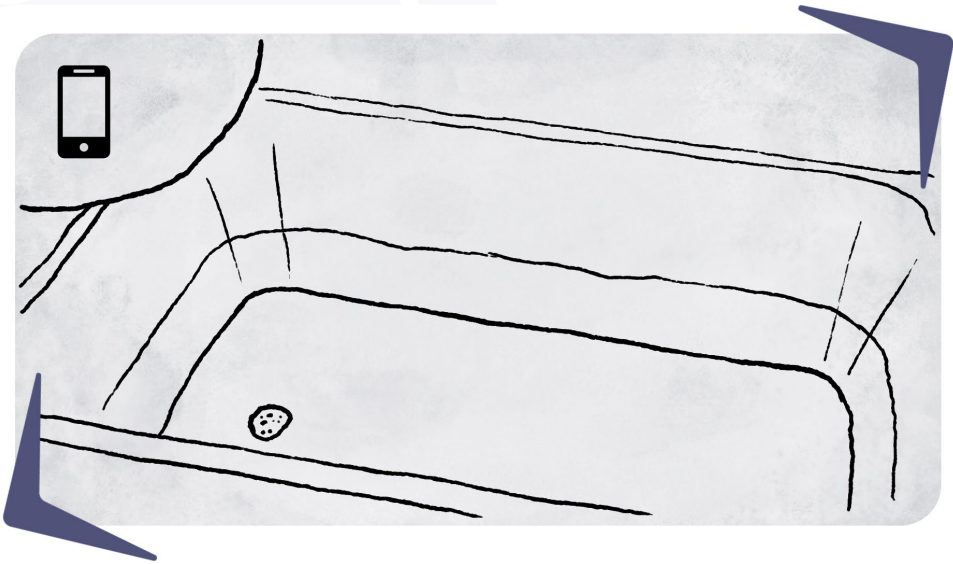


Newtoni kolmanda seaduse toimimist võib näha kõikjal. Põnevaid näiteid võib leida näiteks loomariigist. Reaktiiv-tõukejõu puhul surutakse aine suurel kiirusel läbi ava. Et tõukejõu abil liikuda, imevad peajalgsed (nt kalmaar või kaheksajalg) vee oma lihaselisse mantliõõnde (mida nad kasutavad lõpustesse hapnikuga rikastatud vee viimiseks) ja paiskavad selle lehtri kaudu järsult välja. Samal ajal kui peajalgsed avaldavad veejoale survet, avaldab ka väljapaiskuv veejuga peajalgsele survet, lükates limuse sel viisil liikuma.

Üsna hiljuti, 2021. aastal avaldatud uurimus näitab, et ka liblikad kasutavad lendamisel tõukejõudu (<https://www.snexplores.org/article/butterflies-use-jet-propulsion-for-quick-getawaysshowed>).

Liblikad ei kuulu meie mõistes just jõuliste lendajate hulka. Nende lend meenutab rohkem laperdamist. Kuid just taolise ettearvamatu liikumisviisi tõttu on röövlindudel ja -loomadel neid keerulisem püüda. Kui oled kunagi püüdnud lilleõiel puhkavat liblikat kätte saada, siis oled seda kindlasti märganud. Lendu alustades löövad liblikad oma tiivad keha kohal kokku. See tiivalöök moodustab õhutasku, mis paiskub reaktiivina välja.

Otsides veebist infot rohetäpiku (ing k *silver-washed fritillary*) liikumise kohta, satud kindlasti peale videole, kus on näha seda imepärast reaktiivtõuke kasutust. Liblikas liigub ülespoole, kui ta tiivad liiguvad allapoole, ning edasi, kui tiivad keha kohal kokku löövad. Tehnikarakendustest kasutatakse tõukejõudu peamiselt lennukites ja raketimootorites, kuid hüdraulilist tõukejõudu saab rakendada ka väikestes kiirpaatides ja lõbusõidualustes. Vaata videost, kuidas laevukest saab liikuma panna õhupallist tuleva õhujoa abil.



Kirjuta siia oma märkused, küsimused, tähelepanekud.



Selle räpilooga jäävad seadused paremini meelde.

"Sir Isaac Newton, katkuajal
 kodus õppis, ees teadusmaterjal.
 Nüüd koroonaga ise sama teed,
 iPhone käes, füüsikasse süvened.
 Ta seadused sõnastas, tead ju neid,
 Õpi, naudi neid, tõesti ilusad.
 Newtoni esimene seadus ju lihtne
 Keha ühtlaselt liigub või üldse mitte,
 Kui miski ta seisu ei muuda,
 see on väline jõud, oota kuula.
 Asjad laisad on, muutuda võiksid,
 Inerts selles süüdi, sa ju teadsid.
 Teine seadus on kiirusest, kuidas see muutub,
 Jõud on mass korda kiirendus,
 valem kõigisse puutub.
 Kolmas seadus ütleb, et iga mõju
 jaoks on vastupidine, võrdne vastumõju.
 Trikki tahad näha? Tellistest seina löö,
 Kohe näed, kuidas jõud sama vastu teeb.
 Vaimujõudu nüüd ammuta, Newtoni teadmisi kasuta,
 Sel rajal liikudes ära kõrvale astu sa."

Ülesanded katsetamiseks:

1. Rulale asetatud föön.

Sul läheb vaja:

Fööni, rula, midagi, millega föön rulale kinnitada, ja pikendusjuhet.

Töö käik:

Kinnita föön nii, et õhk puhuks kujuteldaval teljel rula rataste vahele. Ole sellega hoolas, sest rula saab liikuda vaid pikendusjuhtme pikkuses.

Palu sõbral oma katsest video teha.

2. Kaks võrdse kaaluga inimest seisavad kahel rulal.

Sul läheb vaja:

Kahte rula ja kahte vabatahtlikku.

Turvalisuse huvides palu vabatahtlikel kanda küünarnuki- ja põlvekaitsmeid ning kiivrit.

Töö käik:

Mõlemad vabatahtlikud seisavad rula peal, üksteise lähedal, näod vastamisi.

Kui üks tõukab teist, liiguvad mõlemad samal kiirusel, kuid vastassuundades.

Palu sõbral katsest video teha.

3. Õhupallirakett

Ülesanne: Meisterda Newtoni kolmanda seaduse paremaks mõistmiseks õhupallirakett.

Sul läheb vaja: õhupalli, 5 m pikkust nööri, joogikõrt ja kleeplinti.

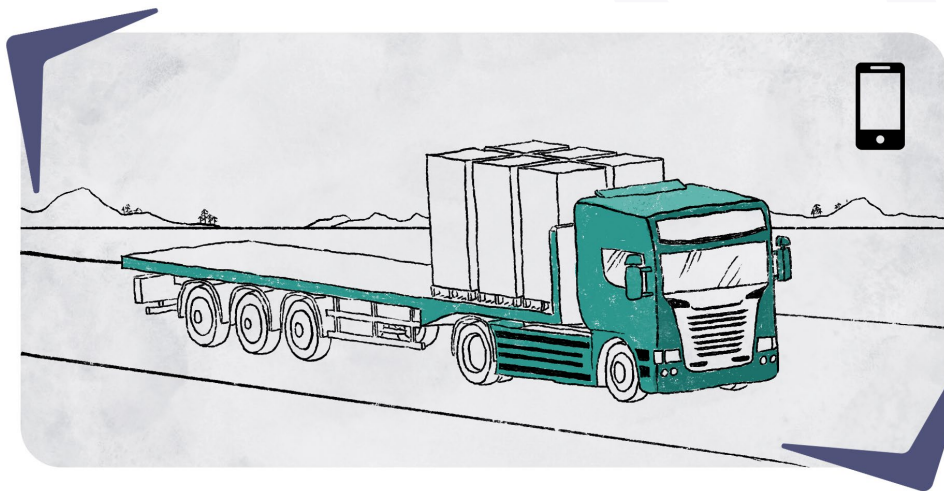
Töö käik:

1. Aja nöör kõrrest läbi.
2. Seo nööri otsad kahe tooli külge.
3. Nöör peab olema hästi pingule tõmmatud.
4. Puhu õhupall täis ja hoia selle suud kinni, nii et õhk sealt välja ei pääseks.
5. Palu sõbral aidata õhupall kleeplindiga kõrre külge kleepida.
6. Nüüd lase õhupallisuu lahti ja vaata, kuidas rakett piki nööri tuhiseb.
7. Õhk paiskub välja ühes suunas ja rakett sõidab sellele vastupidises suunas.



Viimastelt lehekülgedelt leiad kaks 3D mudelit, millest selles peatükis juttu oli

Erineva kaldega teel seisva veoki 3D mudel.



Erineva kiirusega kurvi siseneva veoki 3D mudel.

