



VEDELIKE (GAASIDE) MEHAANIKA



ARPHYMEDES

Blaise Pascal (1623 – 1662)



Fig. 31

Tõestas koos õemehega, et õhurõhk sõltub kõrgusest.

Blaise Pascal elas 17. sajandil. Ta ema suri, kui poiss oli vaid kolmeaastane, ja nii jäi ta hea hariduse saanud isa kasvatada. Pere elas Pariisis, kus Blaise'il õnnestus kokku puutuda tuntud teadlastega. Vaid 11aastasena kirjutas ta oma esimese teadustöö helist ja 18aastaselt konstrueeris esimese arvutusmasina. Tunustuseks suurele andele on tema järgi nimetatud ka programmeerimiskeel PASCAL. Pascal oli esimene, kes seletas ära, miks Torricelli eksperimendis ei tõusnud elavhõbedasammas 76 cm-st kõrgemale. Ta uuris ka vedelike kokkusurutavust ja rõhu levimist vedelikes. Oma katseid — vaata animatsiooni! — esitles ta ka avalikkusele. 31aastaselt sattus Pascal hobutõllas sõites õnnetusse, mis mõjutas ta tulevasti intellektuaalseid huvisid, ja nii pühendus ta rohkem usule.

Archimedes (287–212 e.m.a.)

Leiutas meetodi, kuidas tõestada, kas kuningakroon on valmistatud puhtast kullast või mitte, mõttes selle poolt välja tõrjutud vee ruumala.

Archimedes sündis Sitsiilia saarel, Sürakuusas, mis oli tollal Kreeka koloonia. Archimedesel elust pole palju teada, küll aga teame rohkem tema avastustest. Ta oli esimene, kes ühendas kaks teaduse põhilist — eksperimentaalteaduse ja matemaatika. Archimedesel kõigest elulookirjeldustest võib leida järgmise tuntud loo. Kord ilmus Archimedesel juurde käskjal kuningalt saadud ülesandega — nimelt pidi ta proovile panema kullasepa aususe, ehk siis tuvastama, kas kroon oli ikka valmistatud puhtast kullast. Archimedes mõtiskles ülesande üle vannis istudes, nagu tal tihti tavaks oli. Oma hajameelsuses valas ta vanni ääreni vett täis. Vanni istudes voolas aga osa veest üle ääre. Seda nähes oli Archimedesel selge, kuidas kullasepa ausust testida. Hüüdes „Heureka!“ („Olen leidnud!“), tormas ta vannist ihualasti välja.



Fig. 32

Daniel Bernoulli (1700 – 1782)

Liikuva vedeliku (gaasi) rõhk väheneb.

Bernoulli oli tuntud Šveitsi matemaatikute suguvõsa teise põlvkonna esindaja. Oma teadustöös ei piirdunud ta vaid matemaatikaga, aga uuris ka meditsiini, bioloogiat, füsioloogiat, mehaanikat, füüsikat, astronoomiat ja okeanograafiat. Teda mäletatakse eelkõige panuse poolest matemaatika rakendamisse mehaanikas, eriti vedelike (gaaside) mehaanikas, ja teedrajava töö poolest tõenäosusteoorias ja statistikateaduses. Tema järgi on nime saanud ka Bernoulli printsiip, mis on omalaadne näide energia jäävusest. Bernoulli isiklikku elu mõjutas tugevasti rivaalitsemine isaga, kes tundis kadedust poja saavutuste üle.



Fig. 33

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

Ülesanded katsetamiseks:

1. Võta kanamuna. Leia viis, kuidas kukutada muna teiselt korruselt alla nii et see katki ei läheks. Katkiminemise vältimiseks ei tohi muna millegi sisse mähkida.
2. Meisterda papist laevuke. Selleks läheb sul vaja pappi, põhjaks fooliumi, kääre ja kleeplinti. Eesmärk on mõelda välja, millise kujuga peab laevuke olema, et see suudaks kanda 2 kg raskust ja püsida veega täidetud kraanikausis pinnal.
3. Meisterda paat, mille saab liikuma panna kodust leitavate esemetega. Selle ehitamiseks kasuta plastpudeleid või purke.
4. Bernoulli printsiipi silmas pidades meisterda painduvast torumuhvist hõljuk.
5. Vaata, kuidas töötab Pythagorase karikas. Kui saad kasutada 3D printerit, siis meisterda see endalegi. Juhised leiad siit: [Devious Pythagorean Cup by jsteuben - Thingiverse](#)

Tehniline rakendamine

Kas tead:

1. Miks lennukid lendavad?
2. Mis on allveelaevade tööpõhimõte?
3. Kuidas töötab vesilukk?

Selleks otsi veebist või raamatutest infot, selgitusi ja jooniseid või palu vanemal või õpetajatel end aidata. Arutage seda koos klassitunnis.

Mistahes katse või ülesande jaoks valmistumisel on hea teha plaan. Selleks võta ette järgmised sammud:

1. Tee eeltööd, otsi infot raamatutest ja veebist, küsi õpetajalt või vanemalt. Tee märkmeid ja kirjuta üles tekkivad küsimused.
2. Mõtle oma katse läbi. Pane kirja, mis materjale selle tegemiseks vajad, ja töö käik. Kasuta nii palju pildimaterjali kui võimalik.
3. Mõtle läbi, kuidas saad tulemusi kontrollida.
4. Dokumenteeri, analüüsi ja katseta saadud tulemust.
5. Mõtle, kuidas saaksid oma asja paremaks teha. Võimalusel tee vajalikud muudatused.

Vedelike (gaaside) mehaanika on õpetus vedelikest (gaasidest)



Madal rõhk

Kõrge rõhk



Blaise Pascal
1623-1662



vannitais vett



Archimedes
287-212 e.m.a.

Hüdrostaatika

**Vedelike
(gaaside)
mehaanika**



Valame vett pudelist klaasi või ühest klaasist teise. Teeme seda ju iga päev. Aga kas saame teha sama ka gaasiga?

Vaata, kuidas saab gaasi valada ühest anumast teise. Mõttele gaasi neile omadustele, tänu millele saab seda katset läbi viia.



Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

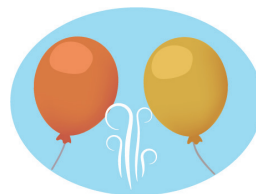


- Staatilises olekus, eriti rõhu all. Seda nimetatakse **hüdrostaatikaks**.
- Voolavas olekus. Seda nimetatakse **hüdrodünaamikaks**.

Hüdrodünaamika

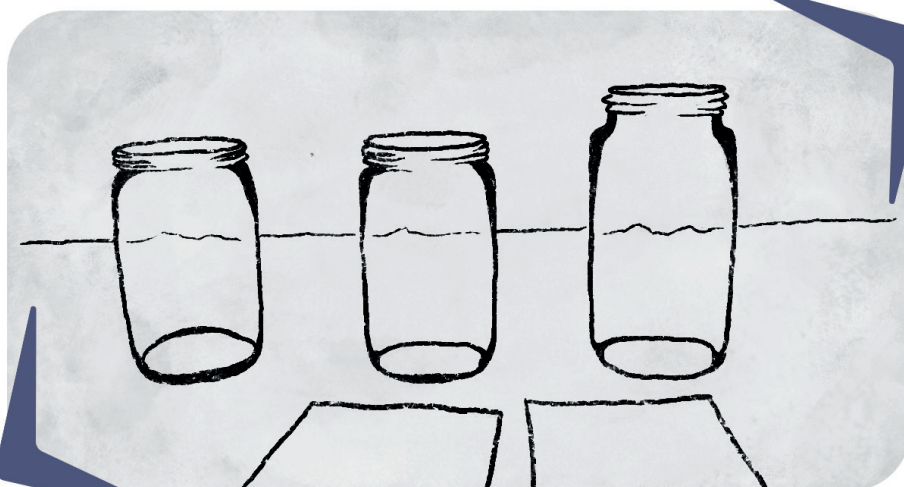


Daniel Bernoulli
1700-1782



Puhu õhupallide
vahele

Voolised on nii vedelikud kui gaasid. Uurime lähemalt vooliste teatud omadusi. Selleks viime läbi järgmised katsed.





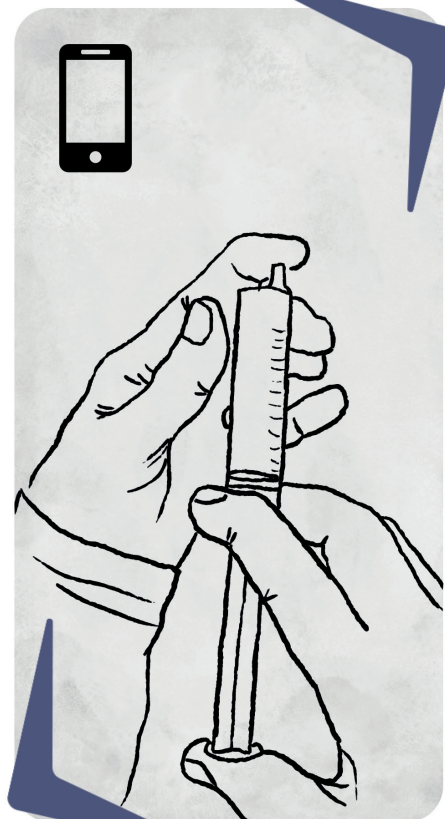
Me kõik teame, mis on õhk, ja et see on eluks vajalik. Kuid gaase on palju erinevaid. Üheks selliseks on näiteks süsihappegaas, mida hingame välja. Mis juhtub, kui valame süsihappegaasi põlevasse küünlaleeki?

Miks kasutasime gaaside voolavuse katses just süsihappegaasi?

► Arphy küsib:

- Kas märkasid vahet, kui surusid süstlast läbi esmalt vett ja siis õhku?
- Kuidas on süstlast võimalik vett suruda läbi vaid vähehaaval?

Ma annan sulle väikese vihje vastuse leidmiseks. Siin on tegemist vedelike ja gaaside kokkusurutavusega.





Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.



Seni oleme katsete teel tuvastanud, et nii vedelikud kui gaasid (e. voolised) voolavad. Millistel puhkudel käituvad vedelikud ja gaasid erinevalt? Avaldame neile veidi survet. Selleks läheb sul vaja süstalt.

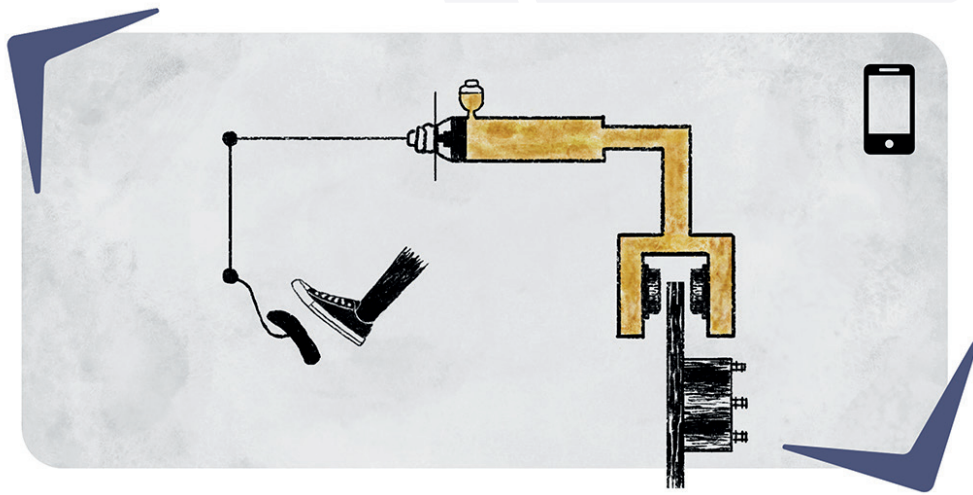
Võta süstal ja vaata, mis juhtub, kui surud süstlakolbi, kui süstal on täis õhku — ja kui see on täis vett.



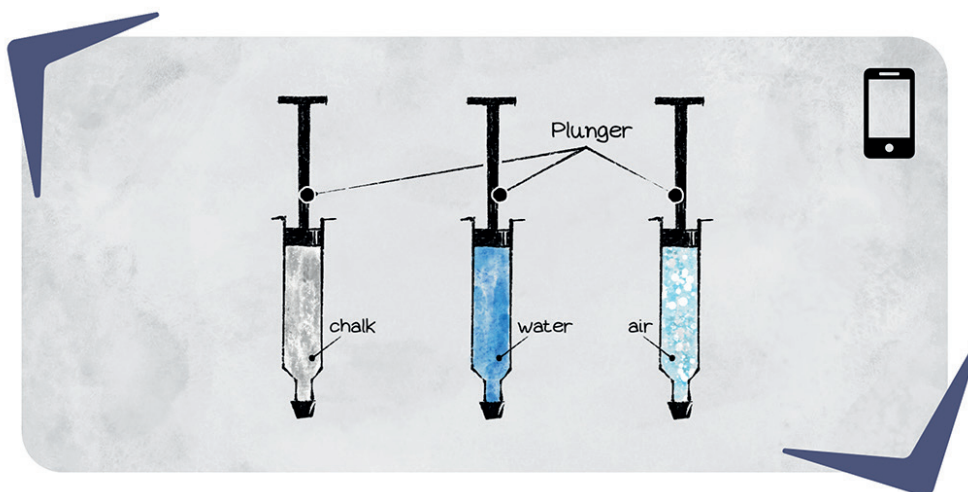
Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

▶ Kokkusurutavus

Vedelike (gaaside) mahtu saab vähendada, kui neile mõjub rõhk.
Vaata animatsiooni.
Mida märkasime?
Animatsioonis on näha, et õhku annab kokku suruda, aga vee kokkusurutavus on madal ja näiteks kriiti ei saa üldse kokku suruda



Võtame järgmise näite. Keegi ei taha ju sattuda autoavariisse ja seetõttu peab auto mootorikolbides olev õhk olema kontrollitud. Aga milleks? Piduripedaali vajutamisel liigub kolb silindris, mis sunnib pidurivedelikku läbi torustiku pidurisadulatesse. Pidurivedelikku küll ei saa kokku suruda, aga õhku saab, ja seetõttu reageerib pidurdussüsteem aeglasemalt. See on tingitud sellest, et kõigepealt tuleb õhk kokku suruda ja seejärel surutakse kokku ka pidurivedelik. Just nii pidurid töötavadki.



Kas oskad tuua näiteid kokkusurutavusest igapäevaelus? Kirjuta oma vastused siia.

Kas saame testida ka vedelike (gaaside) teisi omadusi?

Võtame neli erinevat vedelikku — vett, siirupit, õli ja näiteks mett. Kõik need vedelikud voolavad, kuid mesi voolab veest palju aeglasemalt. Miks see nii on? Siin on tegemist vedeliku viskoossusega. Vaatame järgmist katset.

Selleks läheb vaja: klaaskuule, iga vedeliku jaoks eraldi klaasist või plastmassist mõõtekolbi, stopperit.

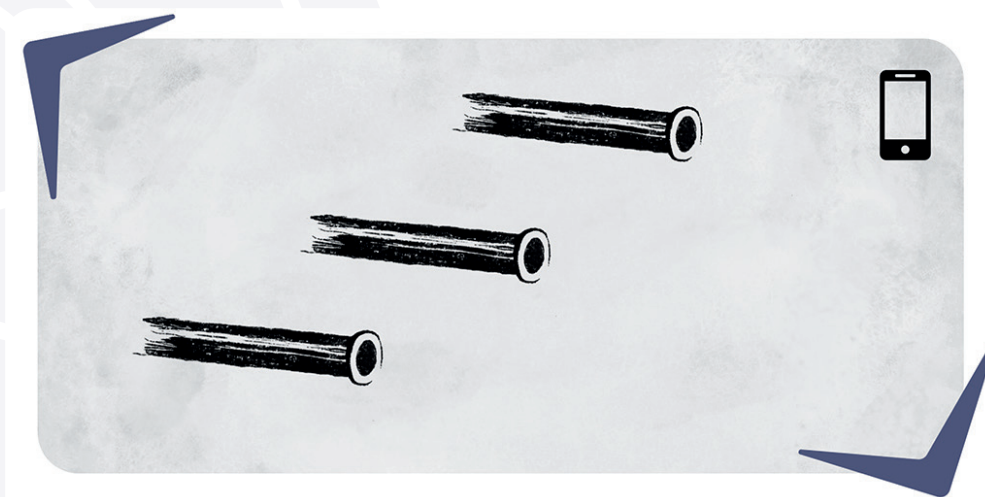
Töö käik:

1. Täida mõõtekolvid sama kõrguseni erinevate vedelikega.
2. Kukuta klaaskuul pinna kohalt vedelikku ja palu sõbral mõõta, kui kaua võtab aega, kuni klaaskuul vajub põhja.
3. Märki saadud tulemused allolevasse tabelisse.
4. Kuumuta vedelikke veevannil, nii et nende temperatuur on vähemalt 30 °C kõrgem ja korda mõõtmisi veel teisegi kuumuse juures.

Vedelik	Aeg sekundites 1. temperatuuri juures	Aeg sekundites 2. temperatuuri juures
vesi		
õli		
mesi		
siirup		

5. Võrdle tulemusi ja tee järeldused.





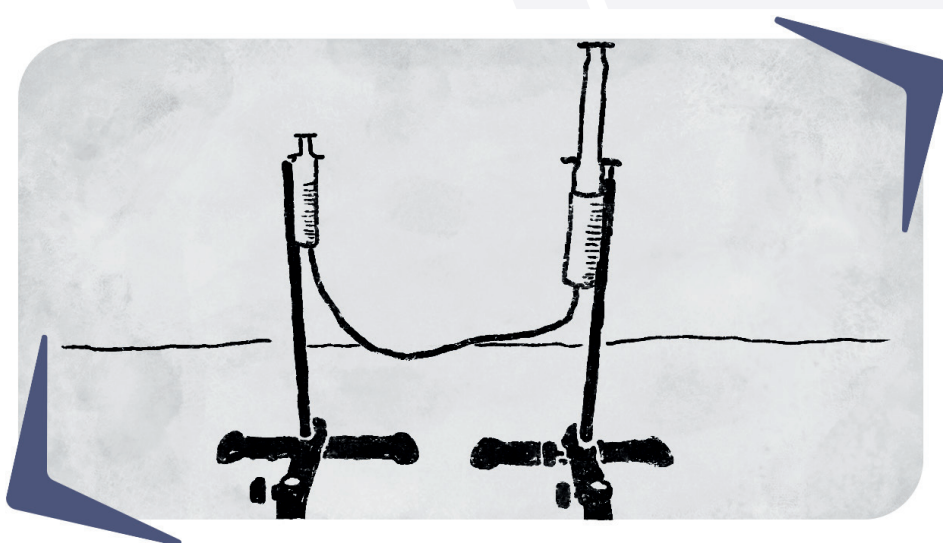
Hüdrostaatika – Pascali seadus

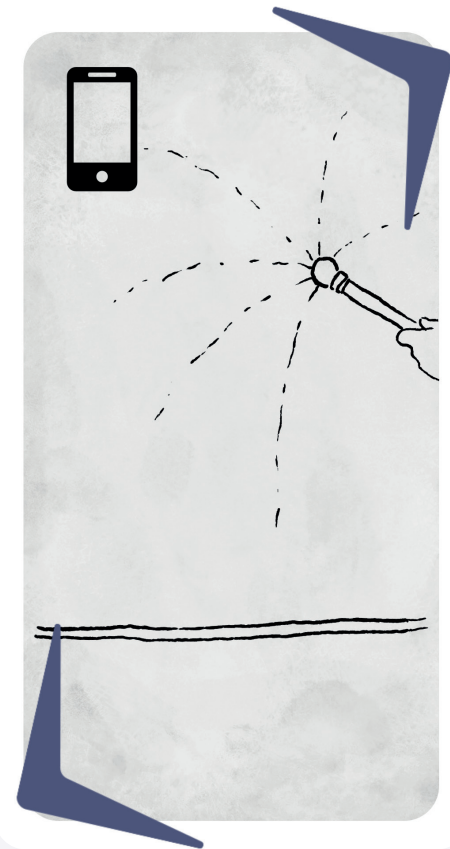
Kui rõhk suletud anuma ühes punktis kasvab, siis kasvab rõhk kogu vedelikus (või gaasis) ja levib igas suunas ühtemoodi.



Pascali seadust demonstreerib ilmekalt seadeldis, mida võiks nimetada Pascali „siiliks“. Selle kohta on veebis palju videoid. Vali vaatamiseks mõni, mis sulle rohkem meeldib.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.





Näeme, et kui täidame Pascali „siili“ vee või suitsuga ja avaldame anumale kolviotsaga survet, siis kandub vesi või suits igas suunas ühtmoodi laiali.



Meeldib sulle võistelda? Korraldame võistluse erineva suurusegasüstaldega. Mõlemad süstlad täidetakse osaliselt veega ja seejärel ühendatakse. Katsetame nende vastupanu kolbide allasurumisel.

Kumb võidab survemaadluse? Suurem või väiksem?

Where were two hands needed for the bigger or smaller syringe?



Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.



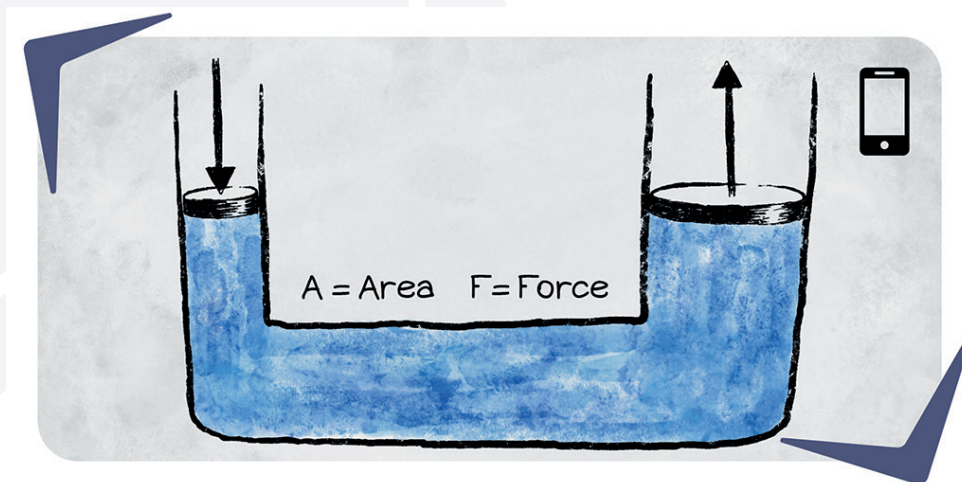
Ülaltoodu meelde jätmiseks on hea küsida, mis abi võiks sellest olla? Tee selline katse: võta kaks pähklit. Kui püüad ühe koort katki murda, siis see ei õnnestu, aga kui hoiad mõlemat pähklit korraga käes ja surud siis, on nende kokkupuuteala väiksem ja koor võibki murduda. Või kui näiteks tahaksid talvel pehmel lumel kõndida, siis tuleb suurendada talla pindala, et mitte sügavale lumme vajuda. Või kui tüdruk sulle tantsupõrandal tikk-kontsaga varba peale astub, võib päris valus olla. Pildid aitavad sul neid olukordi ette kujutada ja nende küsimuste üle mõtiskleda.

Teine tähtis rakendus on hüdrauliline tõstuk. Pea meeles — rõhk on teatud piirkonnale rakendatav jõud; vedelikuga täidetud kehale avalduv kogujõud on võrdeline vedelikuga kokkupuutuva pinna pindalaga.



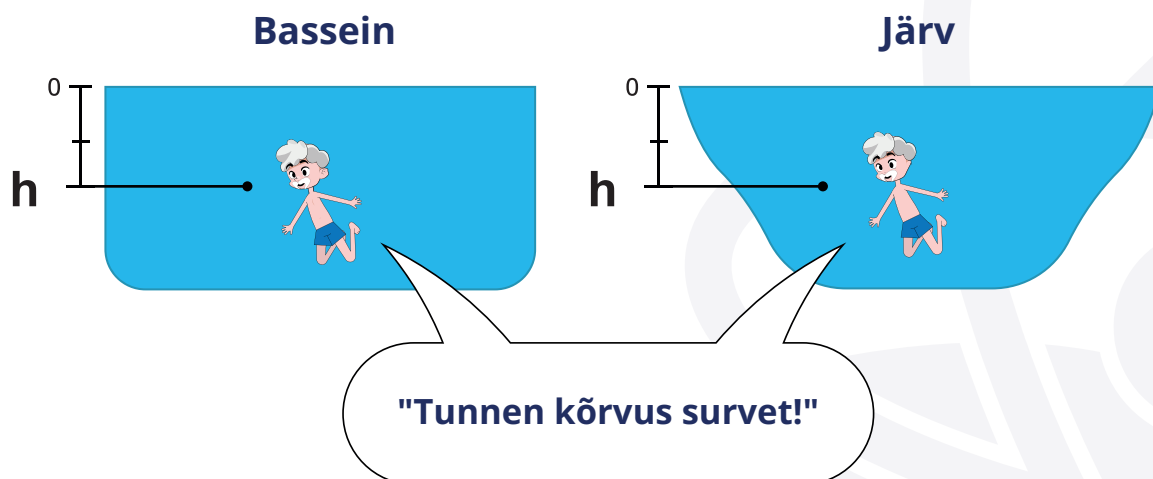


Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.



Lekkekindlad kolvid on paigaldatud U-kujulise anuma kahte erineva läbilõikepindalaga harusse, kusjuures mõlemale kolvile mõjuv rõhk jääb samaks. Kui suure kolvi pindala on väikese kolvi pindalast 100 korda suurem, siis on ka suurele kolvile avalduv kogujõud 100 korda suurem kui väikesele kolvile avalduv jõud. Kogu tehtud töö (jõud $\times$ teepikkus) jääb aga hõõrdejõu puudumisel samaks. Seega tuleb väikest kolbi suruda 100 korda sügavamale, kui suur kolb tõuseb.

Arphy läks kuumal suvepäeval ujuma ja sukeldus nii basseinis kui järves. Mingil hetkel tundis ta sisekõrvas survet. Kuidas seda arvutada annaks? Anumas esinevat rõhku saame arvutada kasutades juba tuttavat valemit.



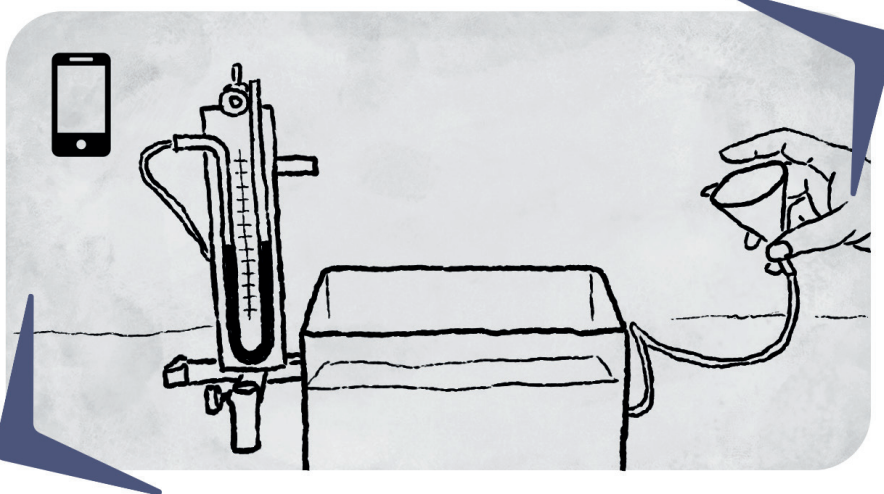
Nüüd on selge, et pole vahet, kas Arphy sukeldub basseinis või järves, kui mõlema sügavus on sama. Vaata videost, kuidas lehtriga veepaagis vesi samal sügavusel oma suunda muudab.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.



$$p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho Ahg}{A} = \rho gh$$

Kus m on vedeliku mass anumas, ρ on vee tihedus, A on anuma põhja pindala, h on anuma kõrgus, ja g raskuskiirendus.



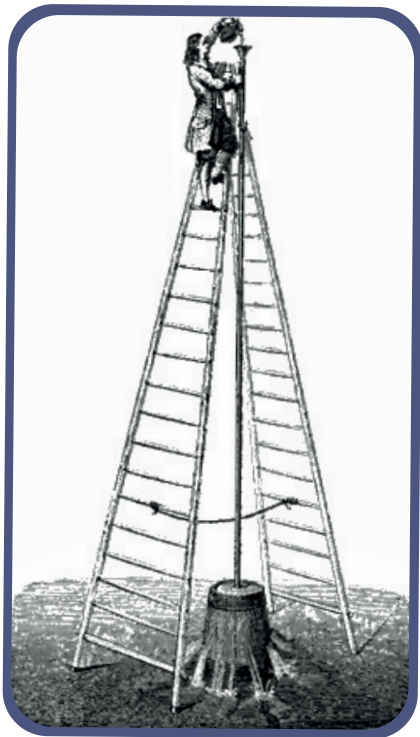


Fig. 34

Väidetavalt esitles Pascal valemi $p = \rho gh$ paikapidavust väga põneval viisil. Vaata juuresolevat pilti.



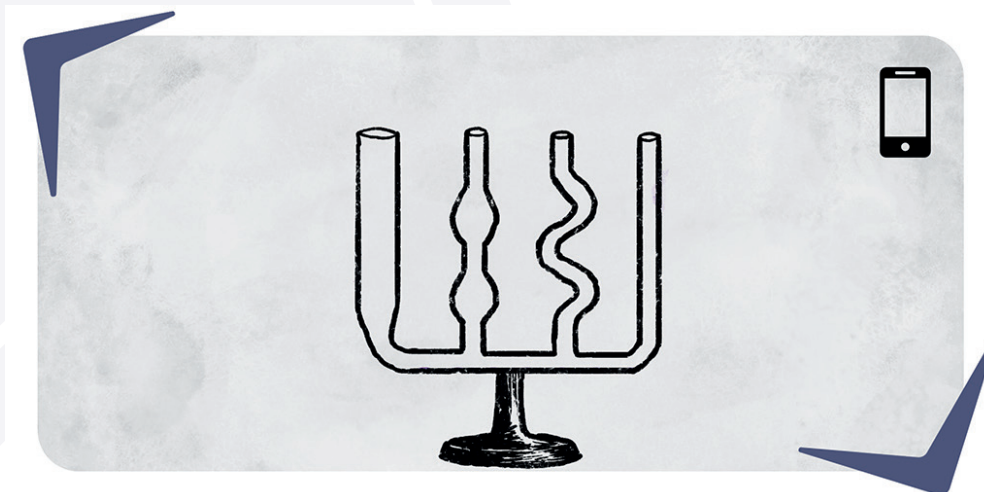
There Hüdrostaatilise rõhu üht huvitavamat mõju nimetatakse hüdrostaatiliseks paradoksiks. Paradoksiks nimetatakse midagi, mis on vastuoluline, ent siinsel juhul ei ole midagi vastuolulist — on vaja vaid veidi mõelda. Et selgitada, mida hüdrostaatilise paradoksi all mõeldakse, peame alustama Pascali ühendatud anumate seadusest.

Ühendatud anumad on omavahel ühendatud mahutid, mis on täidetud homogeense ehk ühtlase vedelikuga. Kui vedelik tasakaalustub, jääb see kõigis anumates samale tasemele, sõltumata anumate kujust ja ruumalast. Hüdrostaatiline rõhk on kõigis anumates ühesugune, sest nagu valemist näha võib, sõltub see vedeliku kõrgusest, raskuskiirendusest ja tihedusest, seega rõhk ei sõltu mahuti kujust — ja seda nimetataksegi hüdrostaatiliseks paradoksiks. Tulles tagasi Pascali juurde, läks temal vaja eksperimendiks vaid väikest kogust vett, aga tähtis oli just veesamba kõrgus. Hüdrostaatilise rõhu puhul tuleb silmas pidada ka seda, et ühel ja samal sügavusel on see kõigis suundades samasugune.

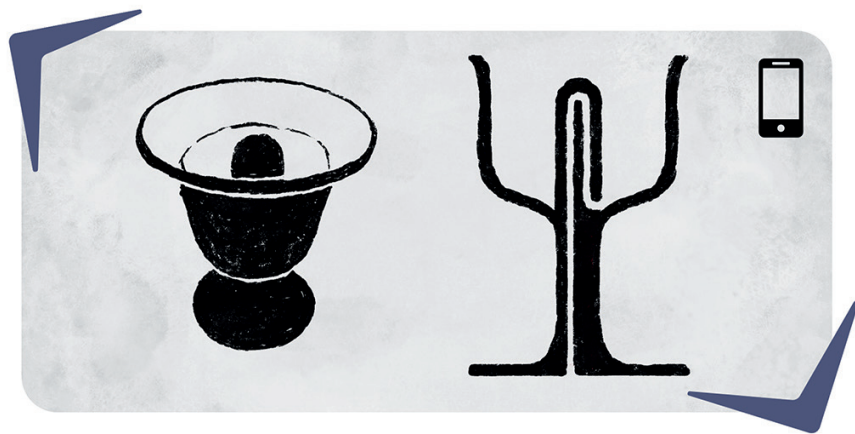




Blaise Pascal oli kuuldavasti esimene, kes selle hüdrostaatilise katse 1646. aastal läbi viis. Ta viis pika vertikaalse toru veega täidetud tugevasse tünni. Vaid klaasitäie vee valamine torusse pani tünni purunema. Pascali säilinud töödes ei ole seda katset kordagi mainitud. Küll on aga selle talle omistanud 19. sajandi prantsuse teadlased, kes panid eksperimendile nimeks *crève-tonneau* de Pascal ehk „Pascali tünnipurustaja”. YouTube’ist võib leida ohtralt videoid, kus seda eksperimenti korraldatakse. Vali nende seast mõni, mis aitaks sul vastata küsimusele, miks tünn purunes?



Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.



Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

Seni oleme Pascali seadust rakendanud peamiselt veest ja muudest vedelikest kõneldes. Kas sama kehtib ka gaaside kohta? Seda on vaja teada, sest elame ju ookeaniruumis — justkui tohutu õhuookeani põhjas. Kuna oleme samas õhuookeanis sünnist saadik elanud, ei märka me selle olemasolu õieti enne, kui midagi muutub. Näiteks kui läheme mägedesse matkama.



Teadlastele on alati meeldinud mängida. Paljud vidinad on leiutatud just selleks, et kolleegidele või õpilastele muljet avaldada. Üks sellistest on juba Pythagorase ajast saadik paljudele hämmeldust või meelelahutust pakkunud. Nimelt õpetas Archimedes oma õpilastele „õigluse karikaga“, et veini valades ei tasu liiga ahneks minna. Selle vimka taga on üks kuulsamaid Vana-Kreeka filosoofe ja matemaatikuid Pythagoras — mõttehiiglane, kes õigluse (teise nimega Pythagorase) karika välja mõtles. Karika puhul on tegu geniaalse leiutisega, millega saab tänapäevalgi inimesi narritada. Kas tahad teada, kuidas see töötab? Vaata animatsiooni.

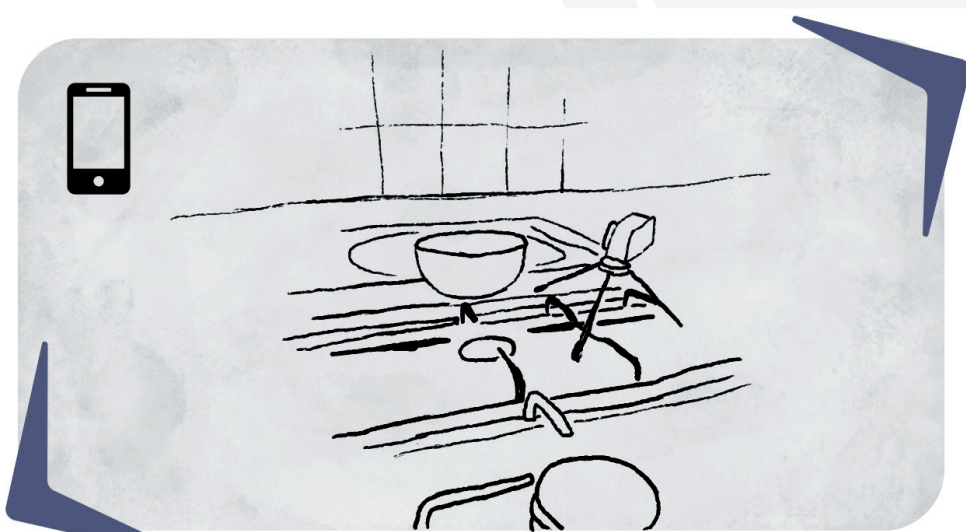


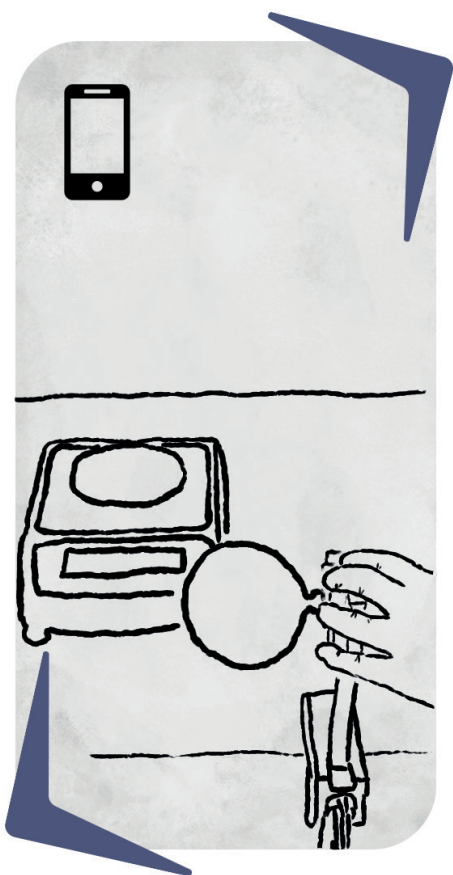
Kõrgmäestikus ronides õhurõhk langeb ja meie kopsud peavad toime tulema hapnikupuudusega. Hingamine ja pulss kiireneb pea kahekordseks, isegi puhkeolekus. Teine näide sellest, kuidas õhk on maapinna läheduses tihedam, on kui maandumisel tunned, nagu laskuks lennuk pehmele padjale. Pinna lähedal on õhk tihedam.

Hüdrostaatilist rõhku põhjustab vee kaal, kuid õhu kaalu me ei taju. Kas õhk üldse kaalub midagi? Ja kui palju?

Võib nõustuda, et ka õhul on tõepoolest kaal. Teeme väikese rehkenduse ja vaatame, mida arvud näitavad. Meie kohal oleva atmosfääri kõrguse juures oleks 1 cm² läbilõikega torus õhu kaal 1 kg. See ei tundugi nii palju — 10 N/cm² juures annab see kokku 100000 N m² kohta. (Kui mõelda, et jõehobu mass on kuni 3000 kg, siis tema poolt avaldub jõud oleks kokku 30000 N). Saadud summat nimetatakse atmosfäärirõhuks (mida võib tihti kuulda ilmateadetes). Siin on veel mõned arvud. Käe pindala on umbes 150 cm², mis tähendab, et käele avalduva õhu kaal on 150 kg. Käele mõjuva õhu kaalust tulenev jõud on 1500 N. Aga et sama suur jõud mõjub ka käe alumisele küljele, siis tänu sellele saamegi end selles õhuookeanis küllalt mugavalt tunda.

Vaata, kuidas atmosfäärirõhk surub purgi kokku.





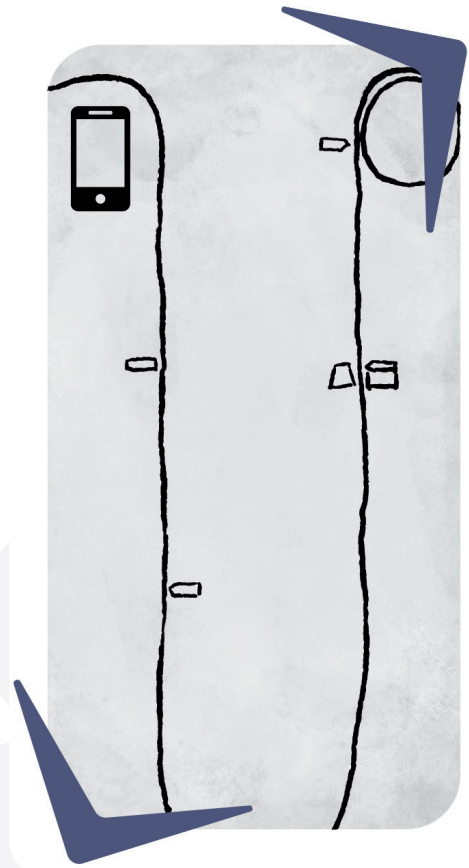
Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

Purgi kokkusurumine näitab atmosfäärirõhu tugevust ja purustusjõudu. Oskad sa arvata, kuidas see juhtub? Võid vastust sellele küsimusele ka mujalt otsida.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

Siin läheb vaja 2–3 m pikkust läbipaistvat (plast)toru. Sätime toru U-kujuliselt ja täidame osaliselt veega. Kui toru ühest otsast õhku sisse puhuda, siis saab suus tekkinud ülerõhku määrata mõlemas vertikaalses torus oleva vedeliku kõrguse h järgi. $p = pgh$, kus p on vee tihedus ja g on raskuskiirendus. Kas olukord muutub, kui imeme õhku sisse?

¹ Kuidas see video meid aidata saab? Paljud meist ei pruugi sukeldumisega kokku puutuda, kuid snorgeldamisega vahel ikka. Videos oli samba kõrgus väljahingamisel 870 mm ja sissehingamisel 820 mm. Kas sellisel sügavusel saame mugavalt snorgeldada? Väike arvutus näitab, et rindkere sellele piirkonnale avalduv jõud on võrdne sellega nagu seal istuks 54 kg kaaluv inimene. Ja tuletame meelde, et rõhk mõjub igast suunast. See ongi põhjuseks, mis snorgeldamistoru on vaid umbes 60 cm pikkune.



Siin on aga näide igapäevaelust, mis aitab mõista rõhkude erinevust. **Gaaside rõhku, nt õhurõhku autorehvides, mõõdetakse keskmise õhurõhu suhtes (normaaltingimustel). Rõhkude erinevus tähistab rehvides oleva rõhu ja atmosfäärirõhu erinevust.**

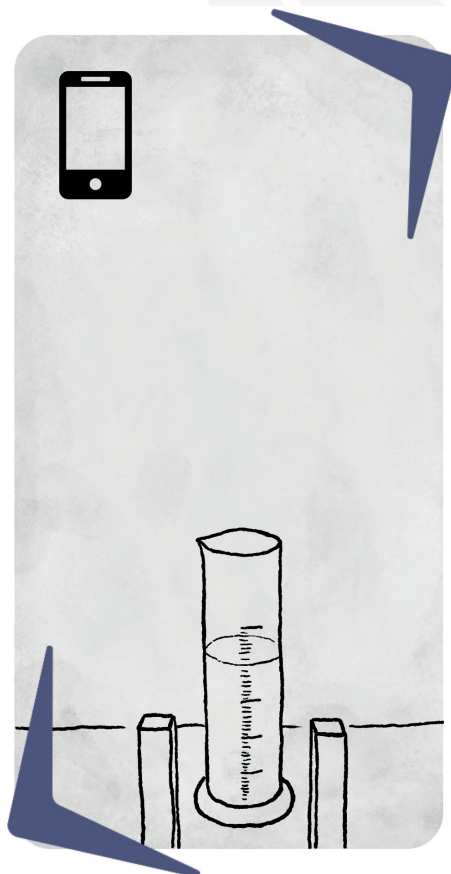
Veealusest maailmast kõnelevad mängufilmid on üsna populaarsed. Suruõhuballoonidega sukeldujad laskuvad sügavale vee alla. Milleks neil sukeldusvarustust vaja on? Süvaveesukeldumisel on hüdrostaatiline rõhk sedavõrd kõrge, et sellele vastu pidamiseks on hingamisel vaja suruõhuga täidetud balloone. Isegi ainult 10 m sügavusel vee all võib hüdrostaatiline rõhk olla 100000 Pa, mis tähendab, et rindkerele mõjuv surujõud (eeldusel, et rindkere kokkupuute pindala on 30 x 20 cm) on 6000 N, see on nagu istuks rindkerel 600-kilone inimene. Samasugune surve mõjub aga igast suunast, rindkerele, seljale, külgedele. Meid litsutakse kokku. (Kõik siinsed arvutused on tehtud **magevee**¹ kohta.) Oskad sa arvata, kas lihtsam on hingata sisse või välja?

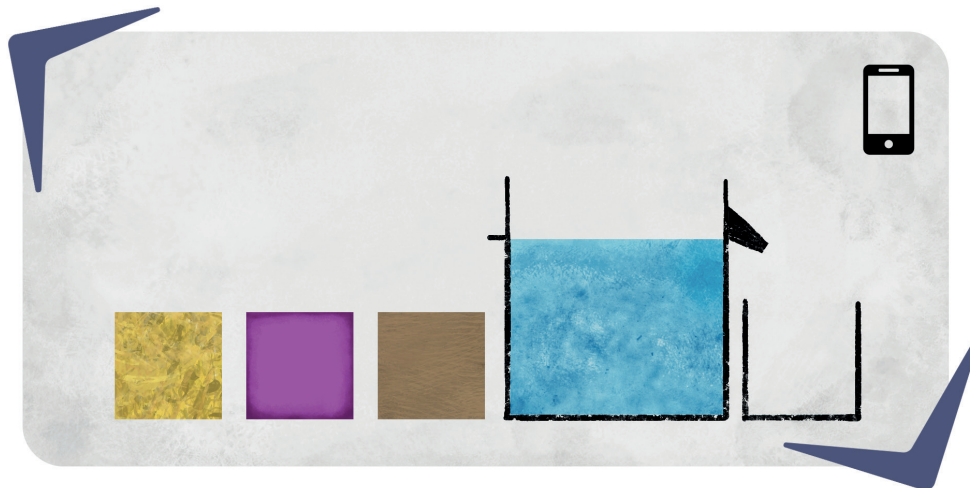
Hüdrostaatika - Archimedese printsiip

Pea hoogu! Ära lase vanni kiiruga täis! Alustame hoopis üheskoos Archimedese otsirännakut ja teeme läbi sama teekonna, mille tegi läbi Archimedes. Vaatleme, kirjeldame, katsetame, väljendame tulemusi matemaatiliselt, aga ka mängime ja lõbutseme. Kõigepealt oli vann, ääreni vett täis. Kui Archimedes istus vanni, voolas osa vett üle ääre. Mis oleks aga juhtunud, kui Archimedes oleks olnud kehakaalult suurem või väiksem? Kas ülevoolava vee kogus oleks jäänud samaks? Isegi kui meil pole käepärast võtta Archimedest ennast, võime teha katseid erineva kuju, ruumala ja tihedusega esemetega. Kõigiga tuleb katsetada, aga ära unusta, et võime korraga muuta ainult ühte parameetrit ja anum peab olema vett ääreni täis. **1. katse** jaoks võtame sama suuruse, kuju, kuid erineva tihedusega ainet või materjalist esemed. Katsete pealkirjade värvid vastavad Archimedese otsirännaku värvidele.

Milline oli üle serva voolanud vee kogus? Kas oli erinevusi? Kuidas see sõltus esemest vabanenud „tühimikust“?

| ¹ Üle serva voolanud vee kogus täitis alati eseme poolt vabanenud „tühimiku“.





Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

Küllap teab igaüks meist seda kerguse tunnet, mis tekib vees ujudes. **2. katses** testime, kas esemete kaal erineb, kui neid mõõta õhus või vees.

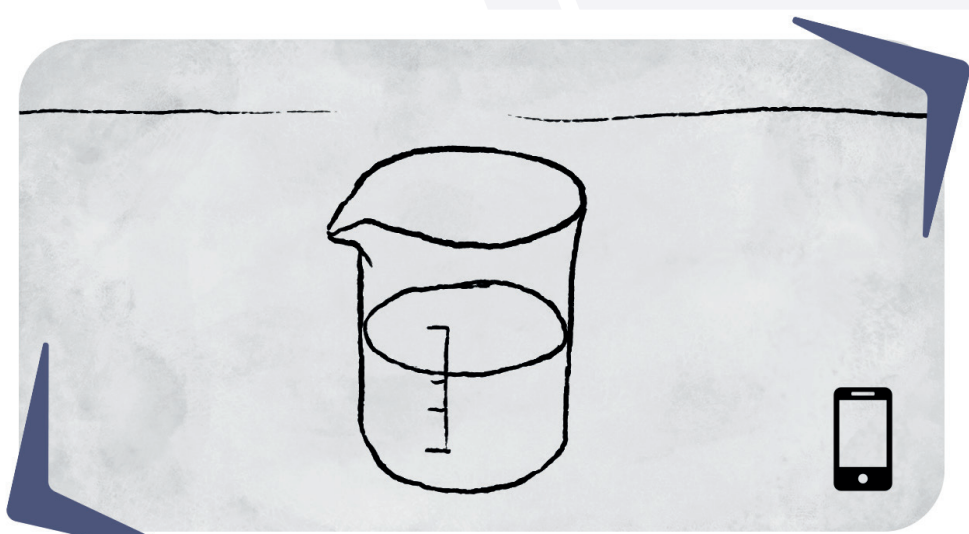
² Kõik esemed näivad vees vähem kaaluvat. Jõudude ühendamise peatükist lugesime, et kahe jõu vahe on omakorda jõud, ja seda jõudu nimetatakse üleslükkejõuks.
 $G(\text{õhus}) - G(\text{vees}) = \text{üleslükkejõud}$

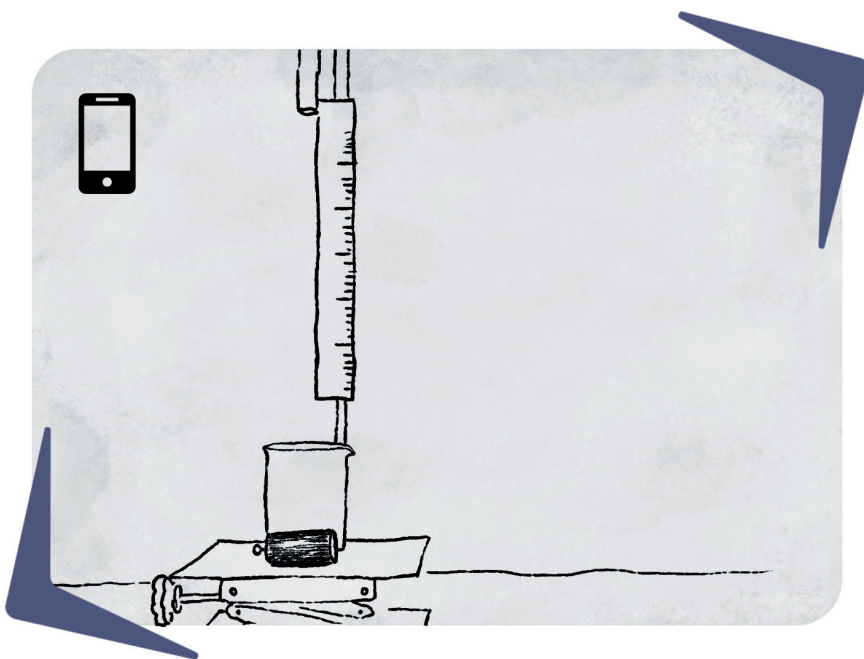
Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

Sul võib koolis leiduda seade, mida nimetatakse Archimedese topeltsilindriks. Kui ei ole, siis vaata **3. katset**.

Kokkuvõttes saab praegu öelda: Archimedese printsiibi järgi vedelikus täielikult või osaliselt asuvale kehale mõjuv ülespoole suunatud üleslükkejõud on võrdne keha poolt välja tõrjutud vedeliku kaaluga.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.





Jätkame oma otsirännakut. Peame tuvastama, millest sõltub üleslükkejõud.

4. katse eesmärk on testida, kas üleslükkejõud sõltub anumasse oleva vee kogusest. On seal vahet, kui kaalume sama eset samas anumasse, aga erineva veetaseme juures?

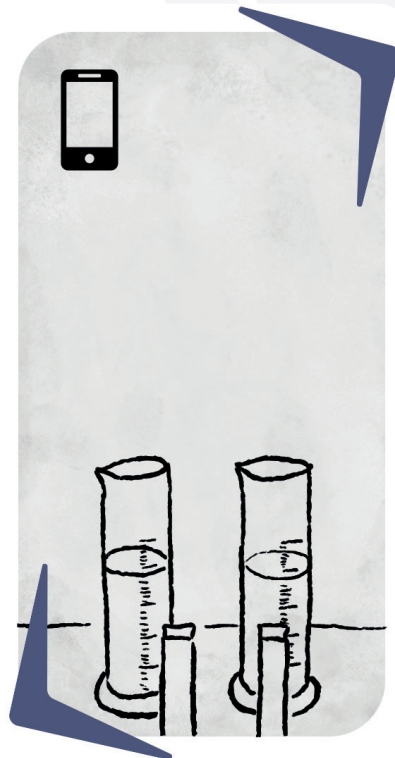
³ Kui kasutame erineva kujuga, aga samast materjalist ja sama ruumalaga esemeid, siis üleslükkejõud ei muutu.

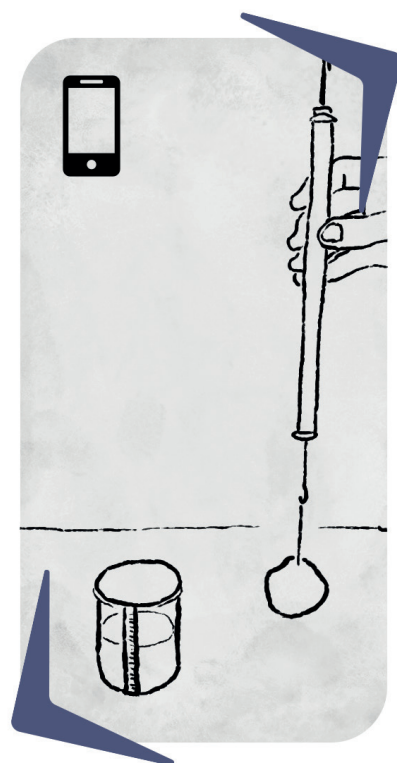
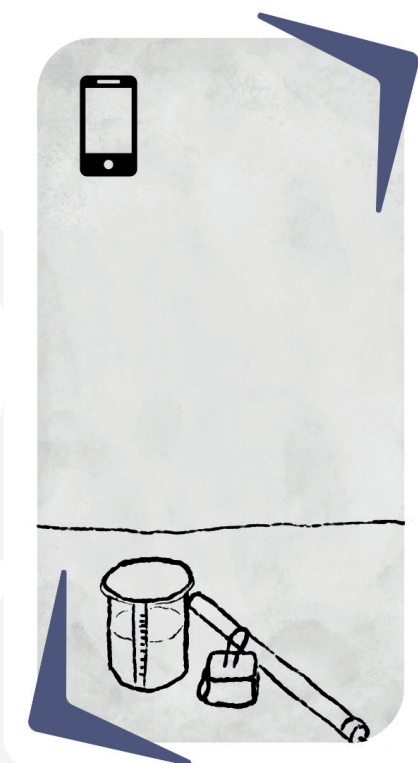
Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

Mis aga juhtub, kui kasutame erineva kujuga, aga samast materjalist ja sama ruumalaga esemeid? **5. katse**

⁴ Kui kasutame erineva kujuga, aga samast materjalist ja sama ruumalaga esemeid, siis üleslükkejõud ei muutu.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.





Paljud meist on kindlasti märganud, et merevees on lihtsam püsida kui järvevees. Seda, kas erinevate vedelike (näiteks soolase vee ja mageda järvevee) vahel on vahet, saame järele proovida **6. katses**. Kuna soolvesi ja mage järvevesi on muidu samasugused värvita vedelikud, siis on tihedam vedelik katse jaoks tumedamaks toonitud.

⁵ Kui asetame samad esemed magedasse järvevette ja soolasesse merevette, siis muutub ka neile mõjuv üleslükkejõud. Suurema tihedusega vees üleslükkejõud suureneb.

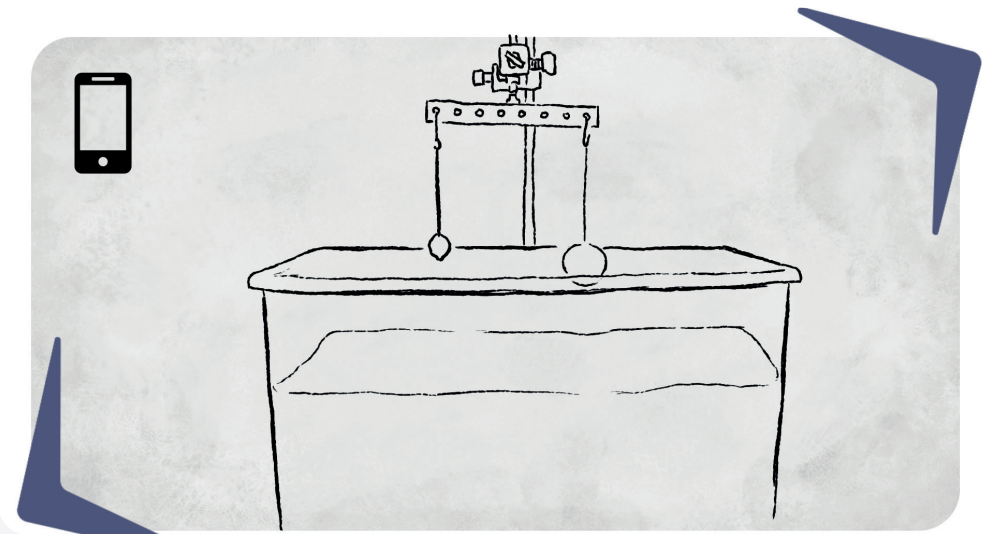
Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

Nüüd saame aga katsetada, kas üleslükkejõud sõltub materjalist, millest ese on tehtud. **7. katse** Kas saame kõik tulemused kokku panna?

⁶ Kokkuvõtteks: Üleslükkejõud sõltub: vedeliku tihedusest, vedeliku sisse jäävast eseme ruumalast, mis sõltub selle materjali tihedusest, ja raskuskiirendusest. Nüüd on meil kõik olemas. Pane kahepoolse kangi ühele poolele kroon ja teisele sama kaaluga kulatükk. Kui kullasepp kasutas krooni valmistamisel osaliselt hõbedat, siis mis juhtub? Tihedamast ainest või materjalist eseme ruumala on väiksem. (Väiksem kera)

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.





Archimedese otsirännak

- Kaskjalg saabub Archimedese majja
- Vann ajab üle ääre
- „Heureka!”

Loome sama olukorra

Veega täidetud anum (vann)

Katsetame, kui palju vett voolas üle ääre

Katsetame esemete kaalu muutust erinevates vedelikes/ gaasides (õhus, vees)

Kuidas Archimedes kuningale tulemust esitles?

Lihtsalt mõõtis kaalu õhus ja vees

- Kaal oli suurem tihedamas vedelikus/gaasis
- Kaal oli väiksem, kui eseme materjal oli tihedam

EI

tulemus

EI

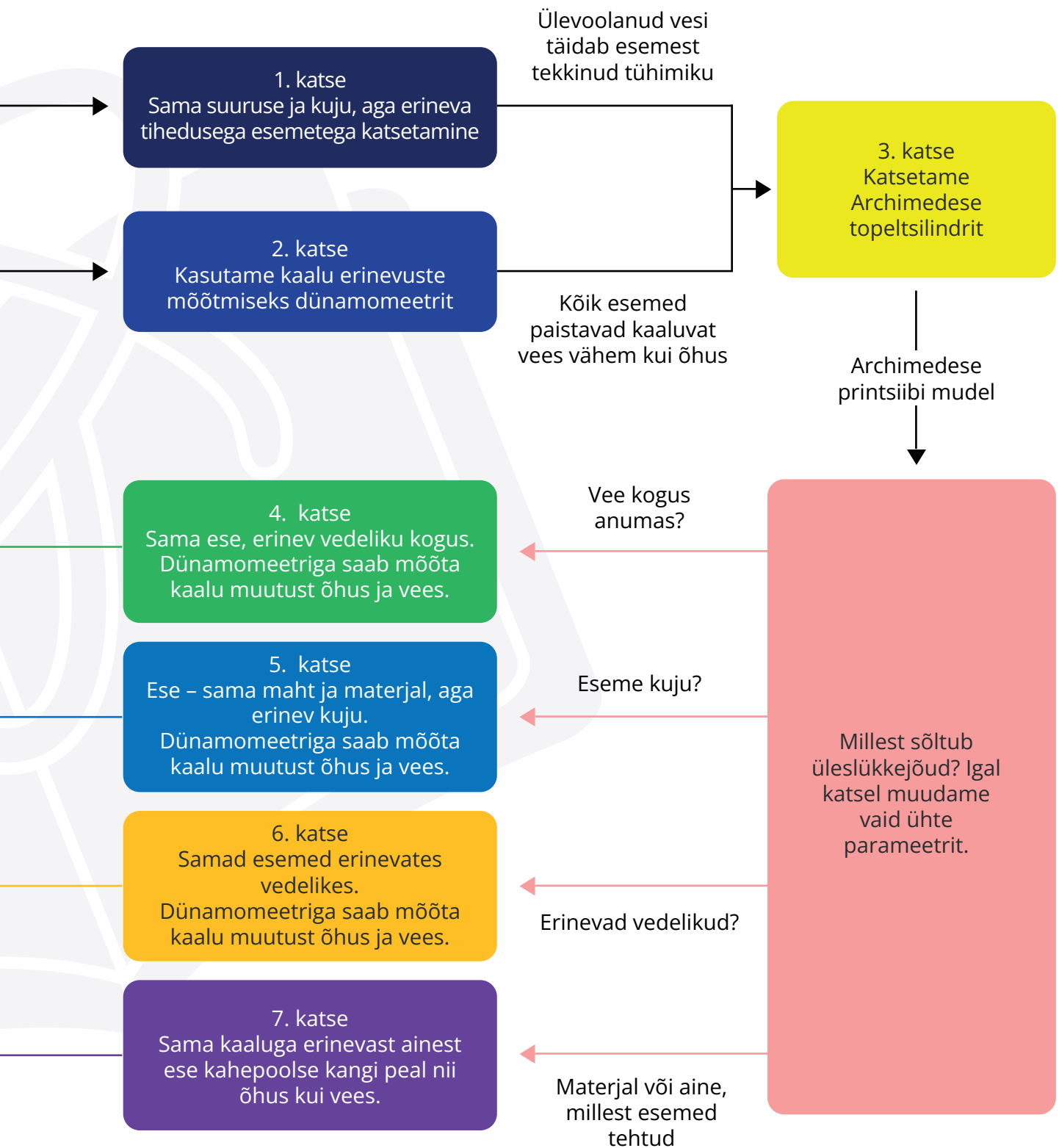
tulemus

JAH

tulemus

JAH

tulemus



Hüdrodünaamika

Hüdrodünaamika on küll veidi edasijõudnutele mõeldud füüsika, aga kuna puutume sellega igapäevaselt kokku, siis saame seda katsete kaudu siiski vaadelda.

Hüdrodünaamika põhialuseks on massi ja energia jäävuse seadused. Massi jäävuse seadus ütleb, et kui vedelik voolab läbi täis toru, siis peab torusse siseneva vedeliku ruumala olema võrdne torust välja voolava vedeliku ruumalaga, isegi kui toru läbimõõt on erinev. Hea uudis siinjuures on see, et muidu oleks meil igavene häda kraaniveega. Kraanitorud on maja veetorustikust peenemad ja tänu massi jäävuse seadusele voolab torudesse sisse just nii palju vett, kui palju seda voolab välja.

Energia jäävuse seadust saame proovile panna järgmistes katsetes. Kõigil on üks ühine omadus — need näitavad olukordi, kus vedeliku liikumiskiirus suureneb ja rõhk väheneb. On ka teisi sellelaadseid eksperimente, mida õpetaja võib sulle näidata ja selgitada. **1. katse.**

2. katse | Seda katset tehes ole rongiplatvormil tähelepanelik ja säilita valvsus. **Ohutuse huvides palun pea meeles, et rongile minnes ja rongilt maha tulles ära ületa jaamaplatvormidel kollast ohutusriba.** Selle hoiatussildi põhjuseks on Bernoulli printsiip. Kas oskad seda seletada?

1. katse

Kui puhud kahe joogipurgi vahele, tekib sinna madalama rõhuga ala (mida kiiremini õhk liigub, seda madalam on rõhk). Sellega võrreldes liigub kõrgema rõhuga õhk joogipurkide väliskülgedel täitma madala rõhu ala täitma („tuul puhul kõrgemalt madalamale“), surudes purgid nii kokku. Võid katsetada seda ka nii, et puhud kahe paberilehe või õhupalli vahele.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

2. katse

Kui kiirrong kihutab jaamaplatvormist mööda, siis rongi ümber oleva õhu kiirus suureneb, mis tähendab, et õhurõhk väheneb. Rongile liiga lähedal seistes võib kõrgema rõhuga liikuv õhk lükata platvormil seisja rongi poole ja isegi selle rööbastele. (Kahjuks on seda ka päriselt juhtunud.) Sama võib juhtuda siis, kui kiiresti liikuv veoauto juhtub jalgratturist liiga lähedalt mööduma. Seetõttu ongi jalgratturitele vaja sõiduteest eraldatud rattateid.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

3. katse | Kui su dušikabiinil on vannikardin, võid saada üsnagi ebameeldiva kogemuse osaliseks. Duši all olles tõmbub kardin sinu poole, saab märjaks ja võib mõnikord isegi sulle keha külge kleepuda.

Näide elust enesest.

1972. a läks Ameerikas Bostonis tuule kiirus pilvelõhkuja ümber nii suureks, et hakkas aknaklaase lõhkuma. Loe selle kohta internetist.



3. katse

Kui kasutad duši all rohkem vett ja hõõrud seda oma kehal laiali, on vee liikumine väga kiire. Vastavalt Bernoulli võrrandile — mida suurem on vee kiirus, seda madalam on rõhk — tõmbub vannikardin veejoa poole ja saab märjaks.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

Bostoni juhtumi selgitus.

1972. a novembris juhtus Bostonis selline lugu, et sesoonse tuule tõttu kukkus uue pilvelõhkujate akendest klaas välja. Poolelioleval 60-korruselisel John Hancocki torniks kutsutud pilvelõhkujal oli 10000 aknakomplekti, millest igaühes oli 12 ruutmeetrit klaasi. Tuule tõustes hakkasid klaasipaneelid purunema ja murdunud killud sadasid alla. Seda saab jällegi seletada Bernoulli võrrandiga, kus tuule suur kiirus tekitas hoone ümber madala õhurõhu, mis surus klaasi madalama rõhu poole ja klaasid purunesid, nii et killud kukkusid alla tänavale.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

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

Lennuki 3D mudel



Allveelaeva 3D mudel

