

SISSEJUHATUS FÜÜSIKASSE

3. NÄITEID MOLEKULAARFÜÜSIKAST

3.1 Vedelike pindpinevus

Kastepiisk või tihti ka üsna suur veetilk püsib väga hästi rohuliblel, puulehel, auto aknaklaasil ja mujalgi. Veetilk koosneb vee molekulidest ning vee voolavuse omaduse tõttu peaks need molekulid väga kergesti laiali valguma. Teeme katse, kus tilgutame pipetist vett mündile ja küsime, mitu veetilka mahub sellele mündile, enne kui vesi hakkab mündilt maha voolama. Igaüks ennustab endale ise, aga enne ennustamist vaatame tilkumist selleks, et kujutaksime veetilkku ja protsessi ennast paremini ette ja ennustus oleks põhjendatum. Muide, apteekides müüvad pipetid on väga jämeda otsaga, et saada suuri tilku silma või mujale tilgutamiseks ning selleks katseks hästi ei sobi. Nüüd alustame katsega, lugedes tilku. Uskumatult palju tilku mahub mündile. Nüüd võtame video tagasi kohani, kus vesi ei ole veel hakanud mündilt maha voolama. Pöörame tähelepanu mündi peal oleva vee kumerale pinnale ja näeme, et hetk enne katse lõppemist on vee pind väga tugevalt kumer ja hoiab koos ikkagi üllatavalt suurt kogust vett. Vaatame nüüd veel ka tilga kujunemist täpsemalt pipeti otsal ning tilga lahtirebenemist seal.

Kui seda kõike me ei oleks tähelepanelikult etappide kaupa vaadelnud, vaid oleksime pidanud arvama tavalise igapäevaelu mulje järgi, siis me ei oleks äsja nähtud nähtusi pidanud nii mõjuvateks või intensiivseteks.

Teeme veel ühe analoogse katse, kus me ääreni vett täis klaasi hakkame lisama münte. Jälle üllatume, et tuleb lisada nii palju münte, enne kui vesi hakkab üle klaasi ääre välja voolama. Jälle võtame tagasi video selle hetke, kui vesi ei ole veel hakanud üle klaasi ääre välja voolama ja veepind on ettearvamatult kumer. Kuidas põhjendada nähtut? Siin on kõigepealt kasulik meenutada seda emotsiooni, mille saime esimeses peatükis, et molekul on kujuteldamatult väike ning molekulid on ka kõige väiksemas veekoguses – piisas – kujuteldamatult palju.

Vaatleme joonist. Pinna molekulid on teistsuguses olukorras, kui sisemised molekulid. Sisemistele molekulidele mõjuvad igast küljest statistiliselt samasuured molekulaarjõud ümbritsevate molekulide poolt, see tähendab, sisemised molekulid on dünaamilises tasakaaluolukorras. Pinnamolekulidele mõjuvad aga tiheda vee molekulid tugevamalt, kui väljastpoolt hõreda õhu molekulid, mille tulemusena igale pinnamolekulile mõjub sisemiste molekulide summaarne ehk resultantjõud suunaga veetilga tsentrisse. NB! veelkord – pinnamolekulile on kujutlematult palju ning ehkki igale pinnamolekulile mõjuv tsentraaljõud on väga väike, on kogu pinnale mõjuv tsentraaljõud küllalt suur, et koos hoida küllalt suur kogus vett. Seda jõudu nimetatakse pindpinevusjõuks. Pindpinevusjõu tõttu püüab pind kokku tõmbuda, st nagu mõjuks see jõud piki pinda. Nähtust nimetatakse pindpinevuseks.

Mispärast on veepiisk ümmargune ehk kera või sfääri kujuline? Matemaatikast teame, et sama veekoguse juures on välispind vähim ehk minimaalne siis, kui vee kogus on kerakujuline. Järelikult, kui pindpinevusjõud püüab pinna vähimaks teha ehk pinda

minimaliseerida, siis tulebki veekogus kerakujuline. Veel paar probleemi. Mispärast on langev vihmapiisk “voolujooneline”? Õhu takistuse tõttu. Ja teiseks. Vihmavarju riie on väikeste avadega, kust vihmavesi võiks läbi tulla, aga ei tule. Igasse avase tekib veekile, mille pind on pindpinevuse tõttu vihmapiiskadele läbimatu. ning vesi ei tule läbi. Oleme näinud osa putukaid liuglemas, “uisklemas” veepinnal. Veepinnal on justkui “kile” või “nahk”, millel “uisutatakse”. Selle mõistmiseks on tarvis tutvuda veel ühe nähtusega, mida nimetatakse märgamiseks või märgumiseks.

3.2 Margamine või märgumine

“Nagu hane selga vesi” – ütleb rahvatarkus. See väljendab mittemärgamise olemust. Hane suled on kaetud teatud rasvakihiga, mida vesi ei märga – vesi jookseb maha. Teine rahvalik väljend “märg nagu kass” – väljendab seda, et vesi märgab kassi karvu. Neid kahte näidet võib üldistada, et on vedelike ja tahkete kehade paare, kus vedelik märgab tahket keha ja vedelik ei märga tahket keha. Näiteks vesi märgab puhast puitu, kivi, klaasi, naturaalselt riidet, betooni jt. Aga ei märga rasvast panni, lakitud puitu, osaliselt ka kilest vihmakeepi, auto aknalaasi.

Väliselt on väga lihtne vahet teha märgamise või mittemärgamise vahel. Kui vedelik ei märga tahket keha, siis ta jääb sinna tilkadena, kui aga märgab, siis valgub laiali. Märgamine ja mittemärgamine on molekulaarjõududest tingitud nähtused ja kuuluvad seega molekulaarfüüsikasse. Seejuures kuuluvad nad olulisse nähtuste rühma, mida nimetatakse pinnanähtusteks.

Märgamise ja mittemärgamise mõistmiseks on vaja teada, et eristatakse molekulaarjõude sama aine molekulide vahel, mida nimetatakse kohesiooniks (ladina k “seotud”) ja erinevate ainete molekulide vahel, mida nimetatakse adhesiooniks, (ladina k “külge jäämine”). Kohesiooniga on seotud ka pindpinevus (klaas märgub ja grafiit “pliiatsitina” jääb kirjutamisel paberi külge=). Vedeliku tahkestumisel adhesioon enamasti tugevneb, nt liimimisel).

Märgamisel on adhesioon tugevam kohesioonist ja mittemärgamisel vastupidi.

3.3 Kapillaarsus

Kahel eespool käsitletud nähtusel – pindpinevusel ja märgamisel, põhineb nähtus nimega kapillaarsus (ladina k “capillarus” jõhv või juus), mis väljendub märgava vedeliku tõusmises peenikeses torus. Kapillaarsusega on seletatav nt mahlade liikumine taimedes ja vee tõusmine sügavamatest mullakihtidest pinnale.

Mispärast pärast kaevamist aias ja kündmist põllul rehitsetakse mullakamakaid aias ja äestatakse põllul? Sellepärast, et mullakamakates on peenikesed kapillaarid, mida mööda tõuseb vesi maapinnale ja aurub sealt kiiresti, muld seetõttu ka kuivab kiirelt. Et seda ei juhtuks ja mulla niiskus säiluks, selleks lõhutakse reha või äkkega mullakamakate kapillaarid. Rehitsetud või äestatud mulla pealispind võib küll muutuda tuhkkuivaks, aga selle all niiskus säilib.

3.4 Gaas, vedelik, tahke keha ja tahkis

Gaasis on molekulid üksteisest väga kaugel ja liiguvad korrapäraselt ehk kaootiliselt,

põrkudes omavahel. Gaasi on väga kerge kokku suruda. Ja üldse on gaas väga lihtne objekt.

Vedeliku molekulid on üksteisele väga lähedal, isegi nii lähedal, et vedelikku ei anna kuigi palju kokku suruda. Ekslikult arvatakse, et muud olulist erinevust gaasiga ei ole. Seda olulist eksitust toetab vedeliku voolavuse omadus, sest nagu molekulid oleksid peaaegu sama vabad, kui gaasis. Tegelikult on aga vedelik kõige keerulisem objekt erinevate olekute (gaas, vedelik ja tahke keha) hulgas. Keerulisus seisneb selles, et vedeliku molekulil on väga tugevad seosed lähimolekulidega. See tähendab, et suure hulga vedeliku käitumine on väga lihtne, aga väga väikese vedeliku koguse käitumine on väga keeruline.

Tahke olek on lihtsam, kui vedel olek. Siin on oluline eristada kahte tahket olekut: kindla kujuga kristallilist olekut ja amorfset ehk ilma kujuta olekut. Võrdleme neid kahte tahket olekut. Jää võiks esindada kristallilist ainet ja või amorfset ainet. Kui jäätükk satub ahjuküttega korteri köögis kuumale pliidile, siis ta hakkab pinnalt kiiresti sulama, muutuma väiksemaks. Tõmmates aegajalt pliidilt jäätükki peopeale, tunneme, et jäätükk on iga kord sama kõva ja sama külm ($0^{\circ}C$), kuni ta lõpuks on sulanud. Võiga ei toimu midagi seesugust. Võtame suvisele matkale minnes külmkapist kõva võipaki. Aeg-ajalt peatudes kergeks eineks näeme ja tunneme võipakki järjest pehmemana, kuni eriti kuuma ilmaga on või läinud vedelasse olekusse.

Jääl on kindel sulamistemperatuur, vöil seda ei ole – vöi muutub sujuvalt tahkest olekust vedelikuks. Kristallilise ehituse aluseks on kristallvöre, mille sõlmedes olevad aatomid ja ioonid hakkavad temperatuuri tõustes järjest intensiivsemalt vönkuma, kuni ühel kindlal temperatuuril kristallvöre laguneb. See temperatuur on selle aine sulamistemperatuur. Amorfsetel ainetel ei ole kristallvöret ning aatomid vöi molekulid vönguvad temperatuuri tõustes järjest intensiivsemalt, kuni lõpuks on tahke aine muutunud sujuvalt vedelaks.

Aine vedelat olekut iseloomustab viskoossus, mida me siin ei defineeri, vaid selgitame näite abil. Värske mesi on väiksema viskoossusega, aga suhkrustuma hakkav mesi suurema viskoossusega. Vesi ei ole üldse viskoosne, aga pigi on ülisuure viskoossusega. Klaasi kohta arvatakse, et ta on kristalliline aine, aga tegelikult on ta amorfne aine kujutlematult suure viskoossusega. Seda tõestavad väga täpsed mõõtmised, kus on selgunud, et väga vanade kirikute aknaklaasid on “vajunud” alt paksemaks. Seega amorfset tahked ained on sisuliselt vedelikud väga suure viskoossusega. Kui aastaid tagasi võtsid füüsikud eesti keeles kasutusele sõna “tahkis”, siis mitte tahke oleku tähistamiseks, vaid kristallilise aine tähistamiseks. Termin “tahke keha” on endiselt jõus ja tähistab nii tahket kristallilist keha kui ka amorfset tahket keha. Kahjuks seda üldiselt ei teata.