



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Teaduslik kirjaoskus koolis. Uuring "Millest on maailm tehtud?"



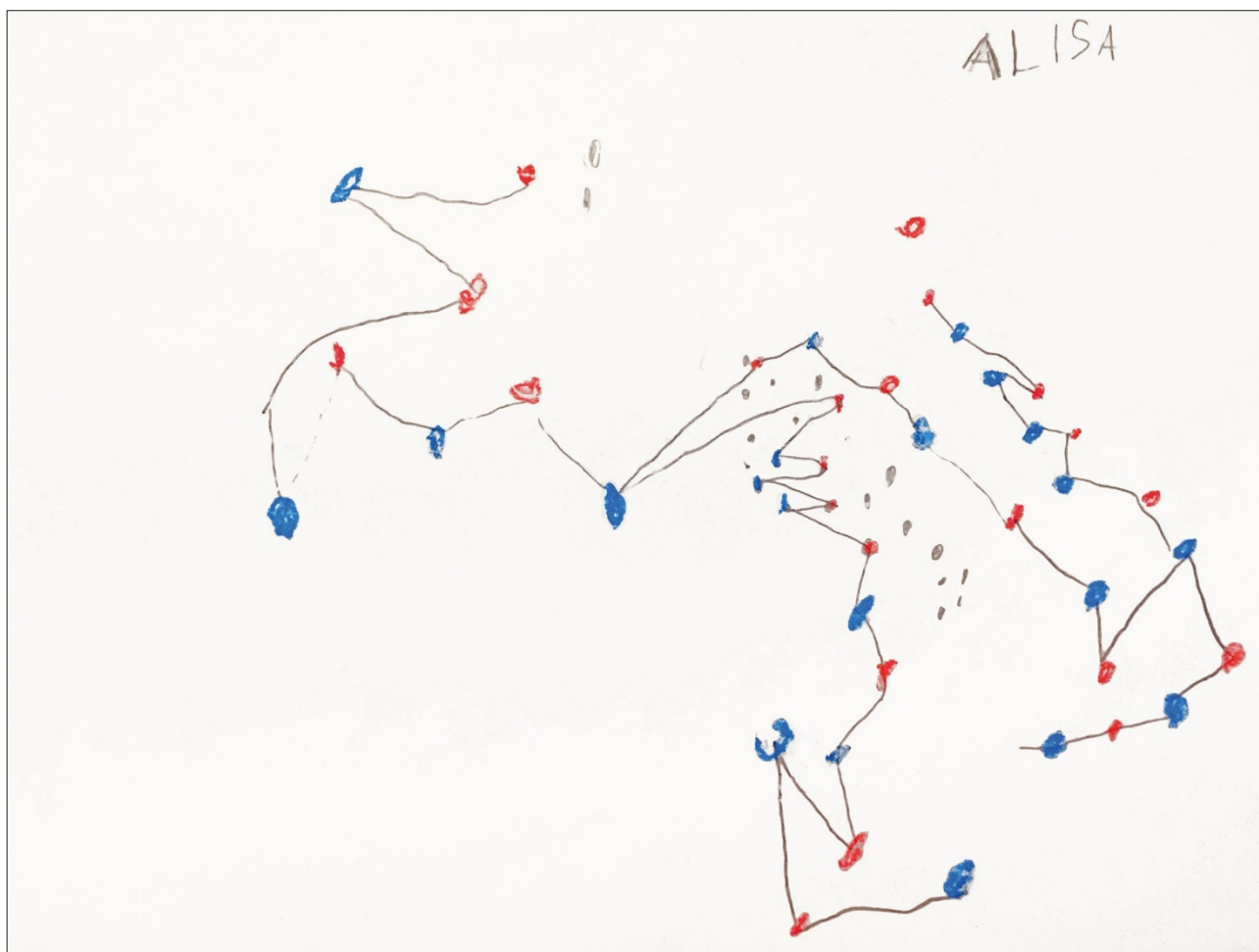
Teaduslik kirjaoskus koolis: teaduse
õpetamise strateegiate parandamine ja uute
arendamine (SciLit)

2016 -1- ES01- KA201- 025282



„Euroopa Komisjoni toetus käesoleva väljaande koostamisele ei kujuta endast sisu heakskiitmist, kajastades ainult autorite seisukohti, ja komisjoni ei saa pidada vastutavaks selles sisalduva teabe võimaliku kasutamise eest.“

Kui lapsed avastavad protsesse, millele toetudes mõistavad nad nähtusi ja oskavad neid läbi mudelite selgitada, saades aru, kuivõrd atraktiivne ja lõbus on teaduslik töö, võime öelda, et nad on omandanud teadusliku kirjaoskuse.



Vee molekulide vahelised molekulaarsed jõud 5-aastase lapse poolt nähtuna.

ISBN: 978-84-09-02386-8

Teaduslik kirjaoskus koolis: teaduse õpetamise strateegiate parandamine ja uute arendamine (SciLit)

ISBN: 978-84-09-02470-4

Teaduslik kirjaoskus koolis. Uurimus „Millest on maailm tehtud?“.

<http://www.csicenlaescuela.csic.es/scilit/scilit.html>

Projekti „Teaduslik kirjaoskus koolis“ üldkoordinaator

(Projekt: 2016-1-ES: -KA201-025282)

M^a JOSÉ GÓMEZ DÍAZ (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)

Koordinaator partner:

El CSIC en la Escuela (CSIC), Hispaania

José M^a López Sancho
M^a José Gómez Díaz
Salomé Cejudo Rodríguez
María Ruiz del Árbol Moro*
Esteban Moreno Gómez
M^a Carmen Refolio Refolio
Pilar López Sancho
Irene Cuesta Mayor
Martín Martínez Ripoll

Osalejad partnerid:

CPR Gijón-Oriente Gijón, Hispaania

Juan José Lera González
Jorge Antuña Rodríguez

KPCEN Bydgoszcz, Poola

Justyna Adamska
Krystyna Karpińska
Mariola Cyganek
Grażyna Szczepańczyk
Jan Szczepańczyk

Kedainiu lopselis-darzelis Zilvitis, Leedu

Regina Jasinskiene
Ina Gustienė
Gitana Juodienė
Agnė Milašienė

CESIE Palermo, Itaalia

Ruta Grigaliūnaitė
Rita Quisillo

San Francisco kool,

Pamplona, Navarra, Hispaania
M^a Dolores Casi Arboniés
M^a Soledad López Gamba
Aitziber Escubi Encaje
Victoria López Gimeno
Victoria López Martiarena

Tallinna Asunduse lasteaed, Eesti

Siiri Kliss
Eneli Kajak
Kristel Kukk
Julia Bondar
Anneta Ojaste

Lasteaed nr 34 „Mali odkrywcy“,

Bydgoszcz, Poola
Ewa Tomasik
Beata Zawada
Anna Widajewicz
Barbara Krakowska

Koostöös

Isabel Gómez Caridad
Alfredo Martínez Sanz

Sisukord

SISSEJUHATUS.....	9
• Projekti kirjeldus: Millest on maailm tehtud?.....	11
• Teaduslik teave õpetajatele.....	12
ESIMENE OSA. TEADUSLIKU KIRJELDUS.....	15
1. Esimene osa: Intermolekulaarsed jõud	16
1.1. Igapäevased olukorrad.....	16
1.2. Katsetamine.....	16
1.3. Aeg tutvustada jõu mõistet	18
• Tilga moodustumine	19
• Tilgamudeli loomine	19
• Elastse, kleepuva naha mudeli laiendamine teiste tähelepanekute selgitamiseks Assimilatsiooniprotsess	20
1.4. Veemudeli kirjeldus: Teadmised ja pädevus	22
• Meie mudeli kasutamiseks vajaliku pädevuse omandamine	22
1.5. Samm kontseptsioonist suuruseni: Mõõdud	24
1.6. Nahamudeli piirangud	25
1.7. Hüpoteeside, mudelite ja teooriate läbivaatamine.....	27
1.8. Molekulidevaheliste jõudude olemus	27
2. Teine osa: Kiire elektrostaatika ajaloo ülevaade	29
2.1. Teaduse sünd	29
2.2. Leukippos ja põhjus miks teadus on olemas.....	30
2.3. Läänemaailma renessanss	31
2.4. Francis Bacon loob teaduse tegemise meetodi	32
• Esimene sõlmpunkt. Tõukejõudude avastamine	33
• Teine sõlmpunkt. Grey ja Desaguliersi avastused	33
- Kõiki materjale saab elektrifitseerida	33
- Metallid juhivad elektrit, kuid isolaatorid mitte	34
- Inimese keha juhib elektrit	34
• Kolmas sõlmpunkt, tänu Dufay'ile	35
- On olemas kahte tüüpi elektrit	35
- Triboloogia tabel	36
• Neljas sõlmpunkt: Benjamin Franklini laengu säilitamine	36

2.5. Elekter 18. sajandi keskpaigas	37
A. Induktsiooniga polariseerimine	37
B. Miks meelitab elektrifitseeritud pulk neutraalse elektrijuhisega keha?	38
C. Cabeo eksperimendi analüüs elektrostaatika seaduste abil	38
3. Kolmas osa: Molekulidevaheliste jõudude elektrilised omadused	39
3.1 Kaalutlused: Piageetiline ajalooline struktuur ja teadmiste didaktiline korraldus	41
3.2 Mida selgitavad seadused?	42
4. Järeldused	42
TEINE OSA: KOOLITUSEST KLASSIRUUMI: PRAKTIKAS RAKENDAMINE	44
Sissejuhatus.....	46
1. osa Mudel, mida tuleb kasutada kõigis tegevusi kirjeldavates dokumentides	48
2. osa. Tulemused, järeldused, kogemused vastavalt esitatud üldisele skeemile	50
3. osa. Partnerite korraldatud uuringud.....	52
• CPR Gijón-Oriente Gijón, Hispaania Elektrostaatika seaduste avastamine	54
• Kedainiu lopselis-darzelis Zilvitis, Leedu. Aurustumine ja kondenseerumine: veeringe	58
• KPCEN, Bydgoszcz, Poola CSIC Koolis, Hispaania. Millest on maailm tehtud?	66
• Lasteaed nr 34 „Mali odkrywcy“, Bydgoszcz, Poola. Kohesiooni- ja adhesioonijõudude avastamine.....	82
• San Francisco riiklik kool. Pamplona, Navarra, Hispaania. Adhesiooni- ja kohesioonijõudude avastamine	90
• Tallinna Asunduse lasteaed, Eesti. Suhkrust elektri juurde	98

SISSEJUHATUS



SISSEJUHATUS

See juhend on CSIC teadlaste ja Eesti, Leedu, Poola, Itaalia ja Hispaania haridustöötajate koostöö tulemus. Antud osapooled tekitasid pideva kommunikatsioonivõrgustiku, et rakendada varasemates haridusetappides loodusteaduste õpetamiseks uuenduslikke tavasid. On tõenäoline, et selle koostöö õnnestumine on tingitud sellest, kuivõrd inimesi paelub avastamisprotsess, uute teadmiste interpreteerimine ning avastuste kaudu õppimine ja teiste õpetamine – see on inimese loomuses ja seda eelkõige lapsepõlves. Tõepoolest, õpetajad ja teadlased tunnevad sellist soovi kõige tugevamalt ja meil on vedanud, et nad osalevad projektis.

Me oleme liigutatud, kui näeme, kuidas väiksed 4- ja 5-aastased poisid ning tüdrukud avastavad, et vesi liigub nähtamatult läbi õhu, kuid muutub nähtavaks kondenseerudes akna külmal klaasil. Nad aktsepteerivad väga kergesti, et seda väga väikest läbi õhu liikuvat vormi, nimetatakse molekuliks.

Selles töös oleme arvestanud hariduse mitmekesisuse kriteeriumidega, sealhulgas soolise ja kultuurilise erinevuse küsimustega, samuti laste kriitilise mõtlemise arenguga teaduse õppimise protsessis.

Teaduse õppimise protsess hõlmab paljudel juhtudel kultuuri assimilatsiooni. Teaduse olemus muudab selle teistest erialadest erinevaks, kuna see põhineb kriteeriumide ja loovuse sõltumatusel. Sellel on oma unikaalne viis vaadata maailma, samuti teatud väärtusi, protseduure ja keelt. Sellepärast on üha vajalikum ajakohastada õppejõudude teaduslikku koolitust ja luua uusi õppemeetodeid. Teaduse õpetamine varases haridusetapis on hilisemate õpingute aluseks, kui eksperimentaalse töö abil luuakse asjakohane meetod.

Nende uuenduslike meetodite rakendamise aluseks Erasmus+ projektis osalevates õppeasutustes oli kolm põhielementi:

- A. Koolide pedagoogilise personali teaduslikel teemadel koolitamine CSIC poolt, et varustada neid põhiteadmistega teadusest ja aidata neil klassiruumis uuenduslike meetoditega toime tulla.
- B. Õppimisprotsesside uurimine, mis võimaldab analüüsida, kuidas lasteaias ja algklasside õpilased loodust kontseptuaalselt töötlevad ja mõistuses kujutavad. Lasteaias ja algklassides teaduse õpetamine nõuab täpseid teadmisi kognitiivsete arenguetappide järgnevusest. Sel põhjusel on välja töötatud lihtsad katsed, mis on kohandatud nende etappide jaoks. Nad näitavad, kuidas uurimisprotsess (uurimine) toob kaasa seaduste, teooriate ja mudelite avastamise, mis on seotud teatud nähtustega, mida me oma igapäevases elus täheldame nagu näiteks vee aurustumine välja kuivama pandud riietelt või väga külma joogipudeli pinnale ilmuv vesi.
- C. See juhend on koolitus- ja uurimisprotsessi tulemus, mis on ette nähtud partnerriikide õpetajate töövahendina.

See tutvustab teadust probleemide lahendamise meetodina, soodustab õpilaste üldist arengut, olles samas ka üldise avalikkuse teadusliku kirjaoskuse põhielement.

Projekti kirjeldus: Millest on maailm tehtud?

Meil on õnnestunud uurida laste suutlikkust visualiseerida maailma, mida nad oma silmadega ei näe, nii et kõik allpool kirjeldatud tegevused käsitlevad makroskoopiliste ja mikroskoopiliste maailmade erinevust. Me avastame, kuidas maailm töötab ja millest see on tehtud, ehk teisisõnu, me asume teekonnale, mis viib meid läbi tahkes, vedelas, gaasilises kui ka plasma olekus esineva aine.

Tehes uuringuid, saavad õpilased teada, millest vesi tehtud on, millised jõud toimivad, kuidas tilk kleepub teise aine külge, mis toimub aurustumise ajal ja kuidas vesi suudab kirjaklambrit hoida. Sel moel avastavad nad lihtsal viisil, et maailm koosneb aatomitest, molekulidest ja kristallidest, mida meie silmad ei näe, kuid mis on tõelised, ning et me peame mõistma, kuidas see töötab.

Teaduslik teave õpetajatele

Mõned eelnevad kaalutlused.

Võttes vee näiteks, hakkavad õpilased lihtsate eksperimentide ja küsimuste abil mõistma asjakohaseid seoseid, mis määravad vee elastsuse ja adhesiooni vedelas olekus, ning suudavad välja töötada elastse pinnamudeli, mis seda käitumist selgitab.

See juhend on nooremate õpilaste õpetajatele mõeldud koolitusmaterjal, mis vaatleb molekulidevahelisi jõude ehk jõude, mis vastutavad peamiselt materjalide välimuse ja mehaanilise käitumise eest.

Allpool kirjeldatud teaduslikud teadmised on jagatud kolmeks osaks:

1. Esimene käsitleb molekulidevaheliste jõudude tekitatud vee füüsikalisi omadusi. See kasutab küsitluse tehnikat (uuringut) eesmärgiga näidata, kuidas teadlased eksperimenteerivad ja tulemustevahelisi seoseid loovad. Küsimistehnikat kasutades peame andma põhjuse veepinna käitumisele, samuti olekute muutumistele. Neid probleeme lahendatakse aine molekulaarmudeli abil, kus me esitame vee molekule submikroskoopiliste elastsete sfääradena ja postuleerime algselt teadmata looduslikud molekulidevahelised jõud. Peagi avastame, et need jõud on elektrilised ja oleme sunnitud tegema kiire kõrvalepõike selle distsipliini ajalukku.
2. Teises osas käsitleme me molekulaarteooriaga seotud elektri

ajalugu, mis selgitab uuritava nähtuse eest vastutavaid Van der Waalsi jõude. Põhjus, miks me sellise tee valime, on selles, et õpetajad mõistaksid vahet ajalooliste faktide loendamise ja teaduse ajaloo konstruktivistliku tõlgendamise vahel.

3. Kolmas osa käsitleb seda, kuidas me kasutame molekulidevaheliste jõudude olemuse selgitamiseks elektrienergia seadusi. Läheneme selles osas eelmiste sajandite teaduse uurimisele 21. sajandi teadlase vaatenurgast. Praegused teadmised võimaldavad teadlastel tõlgendada kogu ajaloo jooksul tehtud avastusi vastavalt kaasaegsetele mudelitele ja teooriatele. Selline olukord imiteerib seda, mille õpetajad leiavad klassiruumist, sest nad peavad suunama oma õpilasi konstruktivistliku raja kaudu palju arenenumast positsioonist, nii teadmiste kui ka panoraamilise vaate poolest, sest teame, kuidas need teadmised on üles ehitatud. Kui õpilased mõistavad laengute vaheliste interaktsioonide seadusi ja kui modifitseerime sfäärilist molekulaarmudelit, saame kvalitatiivselt selgitada tehtud katsete tulemusi.

Viimaks näitab antud juhend, kuidas erinevatest riikidest pärit õpetajad on kasutanud seda meetodit, et õpetada klassis teadust pärast vajaliku väljaõppe saamist.

Kokkuvõttes on selle juhendi eesmärk olla kasulik abivahend, mis aitaks kõigil nooremate õpilaste õpetajatel tuua teadus enda klassiruumidesse.



Erasmus + SciLit projekti partnerid.

ESIMENE OSA
**TEADUSLIK
KIRJELDUS**



1. ESIMENE OSA: INTERMOLEKULAARSE JÕUD

Enamik õpilaste igapäevaelus kogetavate materjalide nähtused, muutused ja käitumine tulenevad molekulidevaheliste jõudude mõjust, mille olemus, nagu näeme, on elektriline.

Nende jõudude mõistmiseks oleme välja töötanud õpetamise teekonna, mis algab sellega, et vaadeldakse, kuidas kokkupuutel tahkete pindadega vesi nende külge kinni jääb ja ilmutab elastseid omadusi. Saadud eksperimentaalsete tulemuste ja kolme aine oleku (tahke, vedel ja gaasiline) põhjal püüame ette kujutada mudelit, mis selgitab, kuidas sama aine võib esineda kolmes olekus, millel on niivõrd erinevad füüsikalised omadused. Selle välja selgitamiseks valime vee oma *juhtumiuuringu* objektiks, sest see on ainus hõlpsasti leitav aine, mis esineb toatemperatuuril kõigis nendes kolmes olekus.

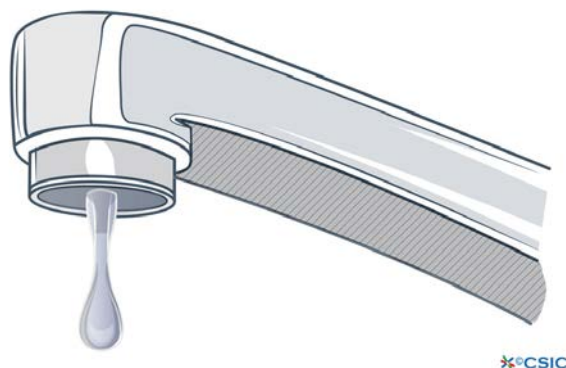
1.1. IGAPÄEVASED OLUKORRAD

On selge, et meie lähenemisviisi esimene samm sellisel tasemel uurimisprojekti on loodusnähtuste jälgimine. Siin peaksime keskenduma loendamatutele tilga moodustumise näidetele, mida võib leida nii klassiruumis kui ka meie ümbruses (joonised 1 ja 2). Palume õpilastel kasutada oma laboripäevikuid, et kirjeldada ja joonistada veepiiskadega seotud nähtusi, lisada kommentaare ja tuua välja faktid, mida nad kõige huvitavamateks peavad.

Tuginedes oma laboripäevikus olevatele märkustele, peaks iga õpilane oma sõnadega selgitama, mida nad joonistustega näidanud on. Need vestlused pakuvad teavet nende kontseptsioonide kohta, millega nad saavad hakkama, nende ettekujutustest ja sellest, mis neid maailma puhul huvitab.



Joonis 1. Veepiisad lehel.



Joonis 2. Kraanist langevad veetilgad.

Vaadeldavad nähtused on vee tendents kokkupuutel tahkete ainete külge kinni jääda, kuidas veepiisad hoiduvad jagunemisest, vee poolt omandatav kuju ning kui oluline on maha kukkumise protsessides tilga kaal.

1.2. KATSETAMINE

Pärast seda kui teadlased on põhjalikult uurinud loodusnähtusi, kavandavad nad eksperimentid, mida saavad laboris läbi viia, et uurida neid huvitavaid nähtusi lähemalt. Selleks peavad nad kõrvaldama protsessist kõik mitteolulised elemendid ja kasutama seadmeid, mis võimaldavad neil muuta kontrollitavaid parameetreid.

Esimene läbiviidav katse seisneb selles, et uurime, mis juhtub, kui hoiame nimetissõrme ja pöidla vahel väikest kogust vett (joonis 3). See võimaldab meil tunda vee elastset käitumist, vastandades selle kalduvuse sõrmede külge kinni jääda ja vee kalduvuse koos püsida ilma, et



see

kaheks jaguneks. Esimese omaduse nimetame **adhesiooniks** ja teise **kohesiooniks**.



Joonis 3. Veetilk nimetissõrme ja pöidla vahel.

Esimene asi, millele mõtleme, on see, kas need tendentsid sõltuvad vedeliku ja sellega kokkupuutes oleva tahke aine olemusest.

Õpilased pakuvad kiiresti, sõltuvalt nende vanusest, asjakohaseid katseid selle testimiseks: kasutades mittemavatest materjalidest kindaid ja mitmesuguseid vedelikke, nagu õli, soolast vett, nõudepesemisvahendit jms (muidugi mitte kunagi süttivaid aineid).

Järgnevalt saame uurida aegluubis tilga moodustumise protsessi, kasutades plastmassist pipetti või nõelata plastmassist süstalt (joonis 4). Vilumusega oskame kindlaks määrata hetke, millal tilk eraldub, ja kui kasutame samu vedelikke nagu eelmises eksperimentis, saame veelgi parema arusaama selle protsessi tähtsusest.



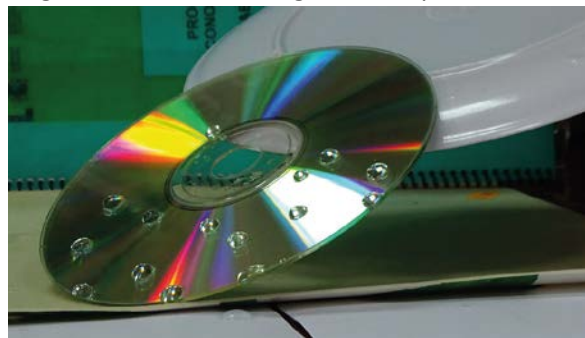
Joonis 4. Pipett.

Miks teevad erinevad süstlad ja pipetid suuremaid või väiksemaid tilku? Tilkade suuruse kvantitatiivseks määramiseks saame näiteks kaaluda või mõõta piisavalt suure arvu tilkade mahtu – näiteks kaheksaja tilga mahtu.

Täpsustamaks loodust veelgi ja sundida seda oma saladusi paljastama, võime ehitada erinevatest materjalidest kaldtasandeid ja määrata nurga, mille juures tilk hakkab alla libisema.

Väga huvitav on korrata neid katseid pindadel, mis on tehtud alumiiniumfooliumist, toidukilest (läbipaistev polüetüleen), vahatatud või õlitatud paberist jms. See näitab, kui tähtsad on nii vedeliku olemus kui ka selle pinna olemus, millel vedelik libiseb (joonised 5 ja 6). Peaksime neid protsesse uurima ja hoolikalt tulemused laboripäevikusse kirja panema.

Eriti oluline küsimus klassis arutamiseks on see, kas nurk, mille juures libisemine algab, sõltub tilga suurusest või mitte. See on tähtis aspekt ja vastuse leidmiseks tuleb läbi viia erinevaid katseid, kasutades seda, mida oleme õppinud süstaldega tilkade moodustamise käigus. Võime alati panna sama pipetiga moodustatud kaks või isegi kolm tilka sirgele tasapinnale, sest



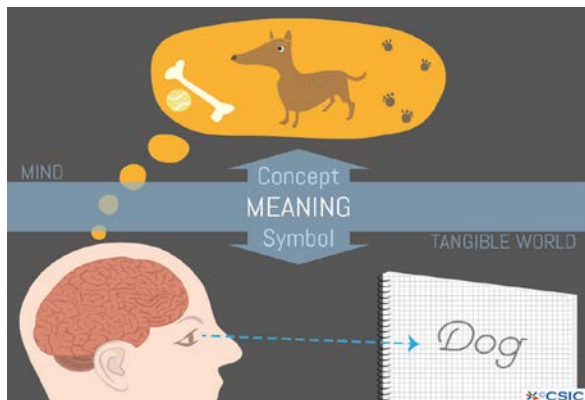
Joonised 5 ja 6. Veetilgad mitmetel erineva kallaku all olevatel materjalidel.

kohesiooni tõttu on neil alati kalduvus üheks tilgaks ühineda. See tähelepanek peaks olema suunatud algkooli õpilastele, kes on vaadelnud nurkade kontseptsiooni.

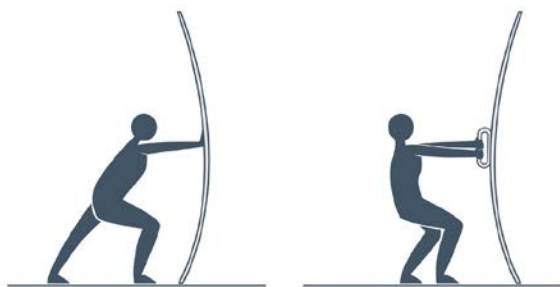
1.3. AEG TUTVUSTADA JÕU MÕISTET

Selleks, et mõista vedelike ja tahkete ainete vahelisi nähtusi, on oluline kasutada jõu mõistet. Vastupidiselt esialgsele mõttele, on jõu mõiste kõrgema taseme abstraktsioon kui meie kasutatud teised mõisted.

Me juba teame, et kontseptsiooni määratlemine on peaaegu võimatu ülesanne. Kontseptsioone luuakse ajus veel halvasti mõistetava protsessi kaudu, mida tuntakse kontseptualiseerimisena ja inimesed on selleks eriti hästi kohandatud. Kui me õpime rääkima, siis seome mõisted (koer, kass, inimene, vend, võtma, tooma, ilus, inetu jne) sõnaga ja kui kuuleme või loeme sõna, tekitab see meie ajus seoseid. Heli või kirjutatud sõna (või mis tahes tüüpi sümboli) seos kontseptsiooniga on see, mida me nimetame tähenduseks (joonis 7).



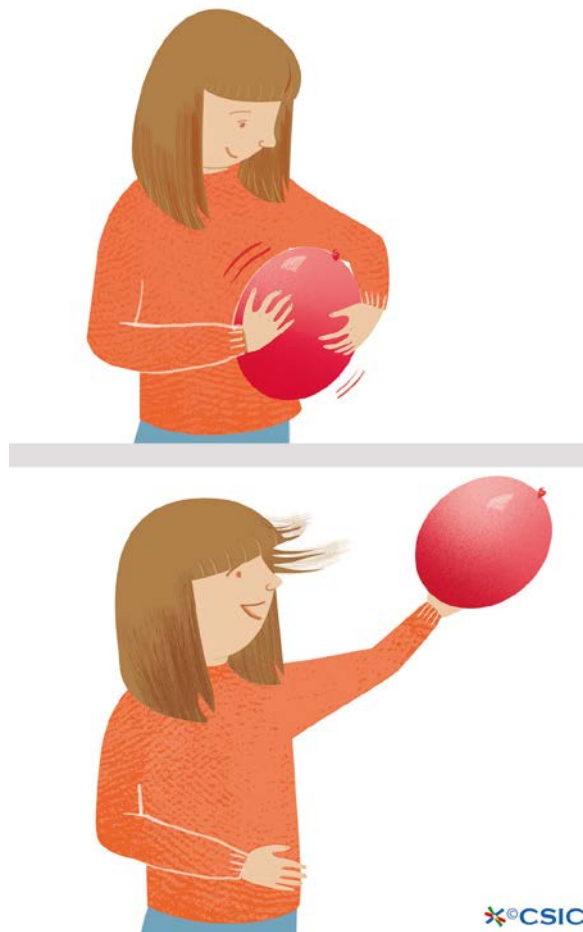
Joonis 7. Tähendus.



Joonis 8. Tõuke ja tõmbejõud.

Selleks, et füüsikas jõu tähendust mõistma hakata, võime öelda, et see on ükskõik millise teise objekti poolt põhjustatud objekti tõukamine või tõmbamine (joonis 8). Sellisel juhul võime öelda, et kaks objekti mõjutavad üksteist (nende vahel toimub tegevus).

On olemas erinevat tüüpi jõude. Sellised, mis vajavad, et objektid oleksid kontaktis, nagu joonisel näidatud esemed, ja sellised, mis toimivad kaugelt (ilma füüsilise kontaktita), nagu magnet-, elektri- ja gravitatsioonijõud, mida õpilased peaksid juba teadma. Kui see veel nii ei ole, siis nüüd on aeg lastel mängida magnetite, kõrte ja paberist salvrätikuga hõõrutud õhupallidega või tõsta põrandalt raskusi (joonis 9).



Joonis 9. Elektrostaatilised jõud hõõrutud õhupallis.

Iga kord, kui objektile mõjub jõud, põhjustab see liikumist või deformatsiooni. Kui me lööme palli, liigub see tänu jõule, mida jalats on sellele kontaktis olemise ajal osutanud. Seevastu, kui me

venitame vedru või pigistame palli, siis deformeerime neid esemeid. Kui elastne objekt, nagu vibu, deformeerub, tekitab see elastset jõudu (joonis 10).



Joonis 10. Elastsed jõud pinguldatud vibus.

Nende uute kontseptsioonide assimileerimiseks saame teha lihtsa katse, mida kõik õpilased peaksid läbi viima. Usutakse, et Leonardo da Vinci oli esimene, kes esindas jõu kontseptsiooni noolega, mille pikkus oli proportsionaalne selle suurusega ja mille nurk ja suund vastasid jõu vektori nurgale ja suunale.

Jõu kontseptsiooni tutvustamiseks võime teostada joonisel 11 kujutatud katse.

Magnetiline jõud, millega magnet kirjaklambrit mõjutab, on oma olemuselt magnetiline ja toimib kaugelt. Selle suunaks on sirge joon, mis ühendab magneti pooluse ja kirjaklambri ja selle suund on klambrist magneti poole. Kirjaklambri kaal on teine jõud, mis toimib vertikaalselt ja selle suund on Maa pinna poole. Samuti on tegemist niidi elastse jõuga, mis deformeerudes (venitamine) tekitab jõu, mille nurk on sama nagu niidil ning mis on suunatud sinna, kus niit on laua külge kinnitatud. Jõud mõjub kuna objektid on kontaktis. Eksperimendis on palju teisi jõude, kuid me käsitleme ainult neid, mida eelpool mainisime. Seega mõjutavad kirjaklambrit kolm erineva päritoluga ja eri liiki jõudu. Kuid tõsiasi, et see ei liigu, näitab, et kolme jõu summeerimisel (nende olemus on sama) on tulemus null.

Sellest eksperimendist oleme õppinud, et jõud esinevad kahe keha vahel, kas kontakti kaudu või

vahemaa tagant. Kui keha seisab (st ei liigu), siis on see sellepärast nii, et kehale ei mõju jõud, või seetõttu, et mõjuvate jõudude summa on null. Selle uue kontseptsiooniga saame kergemini kirjeldada eksperimentaalseid kontseptsioone.



Joonis 11. Kui paljud jõud selles katses mõjuvad?

Pipett (adhesioonijõud, vertikaalne ja ülespoole). Kui tilga kaal ületab adhesioonijõu, eraldub see pipetist. Kui teeme katseid pipettidega, millel on erineva suurusega otsad, ja kaalume suurel hulgal tilku, siis näeme, et nende kaal on väga ligikaudselt proportsionaalne otsa läbimõõduga.

Tilga moodustumine

Kui pöörame erilist tähelepanu tilkade moodustumise etappidele (joonis 12), siis näeme, et toimivad kaks jõudu: esiteks, tilga kaal (vertikaalne ja allapoole suunatud jõud), mis kipub seda pipeti otsast eraldama, ja teiseks jõud, mis tilka pipeti küljes kinni hoiab.



Joonis 12. Adhesiooni- ja kohesioonijõudude vaatlemine.

Kui adhesioonijõud on kindlaks tehtud, võime endalt küsida, miks tilk ei jagune tuhandeteks tilkadeks, vaid see jääb enam-vähem sfäärilisteks ja võimalikult suurteks, hoides vett ühesuguses vormis.

Tilgamudeli loomine

Eesmärgiga mõista tilga moodustumise mehhanismi, võime ette kujutada, et vesi omab mingit *veidi kleepuvat nahka* (selgitamiseks adhesiooni), mis alati seda ümbritseb ja mis vastutab tilkade moodustumise eest kõrte otsas, kraanis või ämblikuvõrgus (joonis 13).

See *nahk* ümbritseb ülejäänud vedelikku ja annab sellele täheldatud omadused (joonis 14). Lisaks jääb see *nahk* kinni ka tahkete esemete (nt kraan) külge, mis vedelikuga kokku puutuvad, ja tilk eraldub ainult siis, kui kaal ületab adhesioonijõu: see sõltub *naha* kleepuvusest.



Joonis 13. Ämblikuvõrgu küljes kinni olevad tilgad.



Joonis 14. Veega täidetud õhupalli kest on pindpinevuse hea analoog.

Kui kordame pöidla ja nimetissõrme eksperimenti (vt eelnevat joonist 3), siis saame kirjeldada seda, kuidas tilga purustamine on nagu elastse naha katki tegemine. Kuna selle tulemusel moodustuvad kaks väiksemat tilka, üks kummagi sõrme külge jääv, siis tuleb järeldada, et vee ja naha vaheline adhesioonijõud on suurem kui kohesioonijõud, mis takistab tilga *nahal* katki minemast.

Meie poolt välja töötatud mudel on analoogne, kuna oleme eeldanud, et see, mis juhtub, on

analoogiline sellega, mis juhtuks, kui mis tahes osa veest oleks kaetud elastse *nahaga*, nagu õhupalli puhul. See vastab sellele, mida Piaget nimetab mentaalseks esituseks. Nagu näeme, saab isegi sellise lihtsa mudeliga, mis on välja töötatud *ad hoc*, selgitada, mis juhtub tilkade moodustumisel, laiendada teistele olukordadele ja aidata meil mõista paljusid teisi protsesse. See näitab, kui kasulik on mudelite või esituste konstrueerimine maailma mõistmiseks, teisisõnu teadmiste vormina.

Elastse, kleepuva naha mudeli laiendamine teiste tähelepanekute selgitamiseks: assimilatsiooniprotsess

Järgnevalt katsetame oma elastse kleepuva naha mudelit veega mitmesugustes olukordades peale tilkade moodustumise, mille jaoks me selle lõime. Esimene võimalus on jälgida teatud putukaid, mis seisavad või liiguvad vee pinnal, nagu oleks see tahke pind (joonis 15).



Joonis 15. Vee pinnal seisnev putukas.

Kõigepealt peaksime küsima õpilastelt mehhanismi kohta, mille abil putukas jääb pinnale. Enamik neist pakub, et putukas ujub, sest mudel, mis vedeliku pinnal olles põhja ei lange, on ujumise mudel (neil ei ole tõepoolest muud kontseptsiooni selle selgitamiseks). Seetõttu on meie esimene ülesanne hävitada vale kontseptsioon, mille kohaselt kõik, mis ei upu, peab ujuma.

Selleks peame minema tagasi eksperimentide juurde ja asetama vee pinnale objekte, millel on

nii kõrgem kui madalam tihedus kui veel (joonis 16).



Joonis 16. Metallist kirjaklamber vee pinnal.

Lisaks on osa objektist vee pinnast allpool (joonis 19), sest vee all oleva objekti ruumalaga võrdse vee kaal on see, mis paneb selle ujuma.

Kuigi see toiming võib raskena tunduda, saame asja lihtsustada kasutades allpool toodud trikki, kus ühte kirjaklambrit kasutatakse selleks, et teine õrnalt vee pinnale libistada (joonised 17 ja 18).

Ujuvaid objekte on lihtne tuvastada, sest kui nad surutakse sõrmega vee alla, tulevad nad pinnale tagasi.



Joonis 17. Tööriistana kasutatav metallist kirjaklamber.



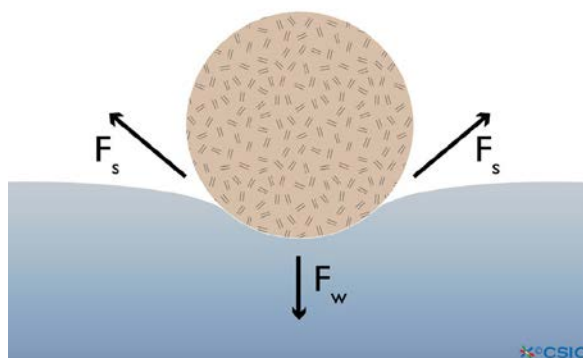
Joonis 18. Selliselt saame kirjaklambrit vee pinnale toetada.



Joonis 19. Ujuv objekt peab olema osaliselt vee all.

Kuid objektidel, mis ei uju, nagu putukatel või kirjaklambritel, ei ole vee all olevat osa ja kui neid sõrmega vee alla lükata, siis nad ei tõuse tagasi üles (joonis 20).

Kui me laiendame analoogilist mudelit, mida kasutasime veetilga kujutamiseks täis õhupalliga (vt joonis 14), siis takistades putuka kaalu all katki minemast, nii nagu batuut hoiab inimese kehakaalu väheke deformeerudes, nagu on näha ka vee pinnal (joonis 21).



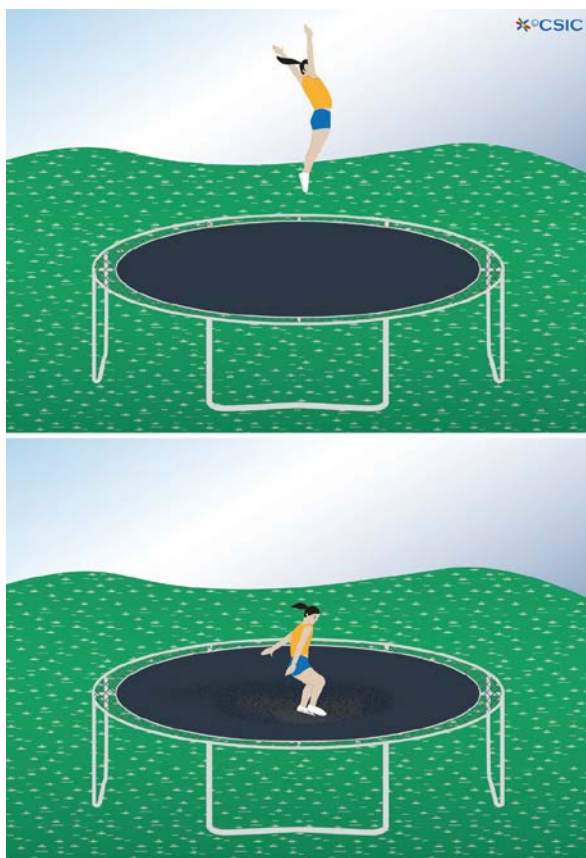
Joonis 20. Pindpinevuse poolt toetatav objekt.

Seetõttu on elastse, kleepuva naha mudel, mis on konstrueeritud spetsiaalselt tilga moodustumise selgitamiseks, läbinud esimese testi.

Kuid esitus (Piaget tähenduses) või teaduslik mudel puutub alati kokku assimilatsioonitsüklitega, kui seda välismaailma uute vaatluste ja eksperimentaalsete tulemustega testitakse (Piaget, J. (1929). „The child's conception of the world“, NJ: Littlefield, Adams).

1.4. VEEMUDELI KIRJELDUS: TEADMISED JA PÄDEVUS

Õpilased peavad olema võimelised kirjeldama mudelit, mille konstrueerisime vee koheesiooni ja adhesiooni kirjeldamiseks. Peaks olema selge, et *mudeli kirjeldus võtab kokku omandatud teadmised, millele lisandub pädevus, teisisõnu õpilaste suutlikkus kasutada mudelit uute probleemide lahendamiseks.*



Joonis 21. Nahaga analoogiline vee pindpinevuse mudel.

Mis tahes vee pinna osa käitub nii, nagu oleks see elastne kiht, millel on adhesiooni omadused, mis sõltuvad materjalidest, millega see kokkupuutes on.

Selle *naha* olemasolu võimaldab väikestel putukatel ja kergetel esemetel vee peal püsida, kuigi nende tihedus on vedeliku omast suurem.

Pinnakihi elastsus põhjustab vee koheesiooni ja selle võime teiste ainete külge kinni jääda tekitab adhesiooni.

Pinnakihi purustamiseks vajalik jõud näitab vee elastsuse suurust ja me nimetame seda *pindpinevuseks*.

Pidage mees, et oleme võtnud vee juhtumiuuringuna, et esindada kõiki aineid. Sel põhjusel laiendame mudelit põhimõtteliselt kõikidele vedelikele, alati seda katsetamisega kontrollides.

Meie mudeli kasutamiseks vajaliku pädevuse omandamine

Järgmine katse, mille klassiruumis välja pakume, on märja sõrme katse (joonis 22), kus palume õpilastel uusi kontseptsioone kasutades selgitada, kuidas vedelikusammas moodustub. On lihtne näha, et kirjaklambri poolt rakendatav allapoole suunatud vertikaalne jõud on asendatud vertikaalse ülespoole suunatud jõuga, mis on põhjustatud sellest, et vesi kinnitub sõrmele. Sel moel saame kontrollida, kas meie õpilased on omandanud vajaliku pädevuse, et mudelit probleemide lahendamiseks kasutada.

Järgmine katse võimaldab meil poolkvantitatiivselt hinnata adhesioonijõudude väärtust. Selleks võtame mündi, peseme selle hoolikalt seebiga ja loputame veega.

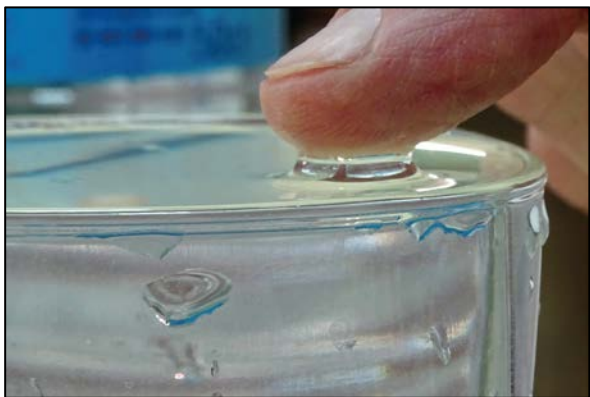
Pärast kuivatamist, kasutades samasuguseid pipette, peavad meie õpilased loendama mitu tilka saab panna mündile, ilma et vesi üle ääre valguks. Kõige tähtsam on see, et nad peavad ka selgitama katset (nii, et igaüks, kes nende kirjeldust loeb, võiks seda korrata) ja hoolikalt tilkade arvu üles märkima (joonis 23).

Tulemus, mis enne vee maha voolamist saadakse, on tõeliselt tähelepanuväärne (joonis 24).

Õpilased peavad selgitama, mis toimub, et nii suur menisk tekib ilma, et vesi maha voolaks, identifitseerides jõud, mis tekivad vees ning samuti mündi ja vee vahel.

Nagu me juba mainisime, annab see katse kvantitatiivse tulemuse: tilkade arvu. Sel põhjusel on aeg küsida järgmine küsimus:

„Millest sõltub vee ja mündi materjali vahelise adhesioonijõu suurus?“.



Joonis 22. Üles suunatud vertikaalne jõud.



Joonis 23. Tilgad mündil.



Joonis 24. Katse hämmastav tulemus.

Õpilased vastavad tõenäoliselt, et see sõltub mündi pinnast. Selle kontrollimiseks võime mündi katmiseks kasutada mööblivaha, hõõrudes seda mündile, kuni see särab. Pärast seda võime katset korrata, tulemuse kirja panna ja võrrelda seda puhta mündi pinna puhul saadud tulemusega, püüdes tulemusi selgitada. Saab selgeks, et vee *nahk* kleepub vahatatud pinnale vähem kui puhta mündi pinnale.

Ja mis juhtuks, kui me muudaksime vedelikku? Kas kõigil vedelikel on sarnaste omadustega *nahk*? Ainus võimalus selle avastamiseks on kavandada katse, mis annab meile vastuse. Kõige lihtsam on kasutada erinevat vedelikku, näiteks õli, puhtal mündil ja määrata kindlaks tilkade arv, mis on vajalik selleks, et õli lauale valguks. Võime tulemusi klassis arutada.

On palju hõlpsasti tehtavaid ja arusaadavaid eksperimente, mis kasutavad meie poolt kasutusele võetud kontseptsioone ja meie loodud vedeliku analoogmudelit. Teine katse, mida saame klassis läbi viia, seisneb krediitkaardi (võimalusel ruudukujuline) tasakaalustamisel vett täis klaasi serval nii, et kaardi sisemine osa puudutab vedeliku pinda (joonis 25).

Seejärel lisavad nad kaardi välisküljele väikeseid loendureid, kuni kontakt veega katkeb, kirjutades üles, kui palju väikeseid vastukaale on vaja, et leida vedeliku ja plastist kaardi vahelise adhesioonijõu suurus. Kuigi meetod ei ole kaugeltki täpne (kuna loendureid ei asetata alati klaasi servast sama kaugele, kaart võib olla ebatäpselt asetatud jne), on katse väga hea esimene kontakt mõõteprotsessi kontseptualiseerimisega, eriti nooremate laste puhul. Peame pöörama erilist tähelepanu veepinna purunemise protsessile, meie analoogmudeli *nahale* ja (võimaluse korral) isegi tegema aegluubis video, millest on võimalik jälgida vedeliku pinna elastsust.



Joonis 25. Adhesioonijõud töö.

Nende eksperimentide tähelepanuväärne loomus võib panna mõned õpilased arvama, et *nahk*, mille oleme tilga või klaasis vee pinna kirjeldamiseks kasutusele võtnud, on tõeline. Saame demonstreerida, et see idee on vale, öeldes, et nad püüaksid väikest pulka kasutades

naha üles leida. Sel viisil jõuavad õpilased järeldusele, et vee pinnakiht käitub elastse ja kleepuva nahana, kuid tegelikult on see ainult vesi.

1.5. SAMM KONTSEPTSIOONIST SUURUSENI: MÕÕDUD

Alustame seda osa määratlades, mis on suurus, kasutades kõige lihtsamat määratlust, mida teame. Nimelt, *suurus on nimi, mis antakse kõigele, mida saab mõõta, kaaluda või lugeda*. Puuvilja hind, inimese pikkus, kaal jne on suurused.

Kui mõtleme sellele sügavamalt, siis võime järeldada, et õhupalli naha elastsus on ka suurus, sest see on midagi, mida saame mõõta. Meie eesmärkide saavutamiseks piisab sellest, kui määratakse elastsuse piir või jõud, mis on vajalik selle purustamiseks. Selleks kasutame tasakaalul põhinevat kaalu, mida on lihtne ehitada ja vee pindpinevuse väärtuse hindamiseks kasutada (joonis 26).



Joonis 26. Meie tasakaalul põhinev kaal.

Seda saab teha paarist üheliitrisest konteinerist, joogikõrtest, õmblusniidist ja suurepealisest nõõpnõelast. Vajame ka pudelikorki ja klaasi, milles on vedelik, mille pindpinevust tahame mõõta – antud juhul vesi. Mõõtmiseks saab kasutada veetilkku, riisiteri, läätsi või muud sarnast.

Kui meil on kaal, kasutame Du Noüy (1883-1947) meetodi lihtsustatud varianti. Riputame ühte kaalu otsa teatud pikkusega joogikõrre, nagu joonisel näidatud. Tasakaalu taastamiseks peame lisama natuke plastiliini otsale, kui vaja.

Järgnevalt paneme vett täis klaasi kõrre nii, et see jääb vedelikuga kokkupuutesse, samal ajal kui tasakaalus olevad osad on horisontaalsed. Mõõtmisprotsess koosneb väga aeglaselt riisiterade või veetilkade lisamisest, kuni veekihiga kokkupuutes olev kõrs eemaldub. Riisiterade või veetilkade arv (mis me eeldame, et on kaaluga proportsionaalne) annab meile teavet pindpinevuse suurusest. Kui teeme seda katset erineva pikkuse, kuid samast materjalist kõrtega, siis näeksime, et pindpinevuse *purustamiseks* vajalik jõud on perimeetriga proportsionaalne, teisisõnu ligikaudu kahekordne pikkus. See on loogiline, kuna purunev nahk vastab sellele, mis moodustub kõrre mõlemal küljel.

Võiksime kasutada ka 5x5 cm ruudukujulist klaasi või CD-plaati, millele kinnitame liimiga käepideme. Kui kallame laua pinnale vett ja vajutame klaasi või CD selle peale, siis näeme, et kohesioonijõud hoiab neid kindlalt koos. Nende eraldamiseks vajaliku jõu määramiseks vajame dünamomeetrit (joonised 27 ja 28).



Joonis 27. CD ja laua vaheline adhesioonijõud.



Joonis 28. Adhesioonijõudude mõõtmine.

Sellisel juhul saadakse pindpinevuse suurus njuutonites meetri kohta, kui jagada klaasi vabanemise hetkel dünamomeetril näidatud number klaasi übermöödu ehk 20 sentimeetriga. Protsessi on lihtne ette kujutada (joonis 28).

1.6. NAHAMUDELI PIIRANGUD

Analoogimudel, mille oleme konstrueerinud, sobib vee makroskoopiliste omaduste (mehaaniline käitumine) kirjeldamiseks. See põhineb vee pinnakihi konkreetsetel käitumisel, mis viivitamatult tekitab mudeli omadustest tulenevalt järgmise küsimuse:

Miks käitub iga veepinna osa nii, nagu oleks see kleepuvate omadustega elastne kiht?

Õpilased peavad mõistma, et välise kihi käitumise selgituse leidmiseks tuleks vaadata väljaspoole mudelit, kuna see ei selgita antud käitumist. Nii luuakse teaduslikke teadmisi, nagu sibulakihte, kus kõige seesmised annavad välise käitumise põhjuse.

Selleks, et uurida vee koostist, peame keskenduma protsessidele, mille käigus toimuvad kõige suuremad muutused, näiteks oleku muutus. Nendes protsessides muutuvad vee omadused ja välimus, kuid samas on tegu ikka veega ja meie õpilased peavad mõistma aurustumist, kondenseerumist, sulamist ja tahkestumist.

Alustuseks piisab, kui jälgida protsessi, mis toimub siis, kui märjad riided riputatakse välja, kus need väga kiiresti täiesti kuivaks muutuvad. Kuhu on vesi läinud ja millises vormis? (Joonis 29).

See on klassis arutlemiseks väga hea küsimus ning kindlasti kirjutage õpilaste vastused üles. Samal ajal võimaldab see meil demonstreerida meie suutlikkust suunata arutelu Sokraatilise meetodiga, mis viib meid järeldusele, et vesi on liikunud riietest õhku sellises vormis, mis on meie silmadele nähtamatu.



Joonis 29. Aurutumisprotsess kuivama pandud riiete puhul.

Esimene asi, mida peame kontrollima, on see, et vesi on tõesti õhus. Selleks peame looma eksperimendi vee leidmiseks ja selle vedeliku kujule tagasi viimiseks, teisisõnu, vee kondenseerima. Pärast väikest arutelu klassis tuleb meil võtta karastusjooגי purk, mis on piisavalt madalal temperatuuril (kastepunktist madalamal), kuivatada pind salvrätikuga, asetada see kuivale pabertaldrikule ja tähelepanelikult jälgida, mis juhtub. Meie silme all hakkavad purgi pinnale moodustuma veetilgad – vastupidine protsess sellele, mis toimus riiete kuivamise ajal (joonis 30).



Joonis 30. Külma purgi pinnal kondenseeruvad väikesed veetilgad.

Võime teha mõlemaid katseid üheaegselt. On täiesti kindel, et vesi on õhus kujul, mida me ei näe, kuid me saame seda siiski manipuleerida.

See on mõne õpilase jaoks esimene kord, kui nad on silmitsi maailmaga, mis on väljaspool nende meeli. Nüüd peaksite avama nende silmad ja selgitama neile, et me ei näe enamikku eksisteerivast maailmast, kuid me võime seda ette kujutada ja sellega isegi manipuleerida.

On lihtne jõuda ühe *hüpoteesi* juurde: kuna vesi on atmosfääris, aga me ei näe seda, peavad osakesed olema nii väikesed, et need on meie silmadele nähtamatud. Kuid lisaks sellele peavad need osakesed ikka veel olema vesi, sest saame selle jahutades vedelale kujule tagasi viia. Vastavalt teiste inimeste poolt sellel teemal tehtud varasematele uuringutele kutsume neid osakesi *molekulideks*. Sellist molekulidest koosneva vee mõttelist esitust teatakse kui molekulaarmudelit ja teooriaks saamiseks peavad sellel olema seadused, mis kirjeldavad nende molekulide käitumist (teooria = mudel + seadused).

Teooria ja mudeli erinevus ei ole selge, nagu saab selgeks teadusfilosoofide teoste kaudu või spetsialistidelt. Tegelikult ei ole teadlased harjunud neid kahte terminit eristama, sest tavaliselt kerkivad need terminid esile konkreetses kontekstis, kus mudel või teooria on hästi teada ja ebamäärasust ei eksisteeri. Seevastu ainult siis, kui räägime mudelist või teooriast abstraktselt, tekib küsimus ühe või teise mõiste olemuse kohta. Nendel juhtudel võime mainida Wikipedia standardmudeli artiklis kirjutatut: „*Elementaarosakeste füüsika standardmudel on teooria*, mis kirjeldab tugevat, nõrka ja elektromagnetilist jõudu ning neid vahendavaid või nendega interakteeruvaid elementaarosakesi.“

Võime öelda, et iga mudel sisaldab mõningaid teooria tunnuseid ja kõiki teooriaid saab täiendada mudeli abil. Sel põhjusel ja eelkõige praegusel tasemel saame jätkuvalt iga juhtumi puhul kasutada kõige laiemalt käibel olevat terminit, kui on selge, millisest mudelist või teooriast me räägime.

Siinkohal peame koondama kaks mudelit. Ühel pool on vee pinna elastset käitumine ja teisel pool molekulaarmudel. Nende molekulide vahel

peavad toimima mitmed jõud, mis selgitavad kohesiooni, adhesiooni, pindpinevuse jms olemasolu. Nende omadusi võime intuiitiivselt mõista, kuid nende olemust peame alles avastama. Samuti peavad nad selgitama oleku muutusi, mille jaoks need loodi.

Põhimõtteliselt võime molekule modelleerida väikeste sfääriliste pallidena (joonis 31). Sel moel saame kirjeldada molekulaarset hüpoteesi, kasutades lihtsat mudelit, mida peame loomulikult testima (faktide ja katsetulemustega sobivuse osas). Seega vaatame, kas molekulaarmudeli hüpotees võimaldab meil selgitada kolme oleku olemasolu ning ka kohesiooni- ja adhesioonijõude.



Joonis 31. Kohesiooni- (vasakul) ja adhesioonimudel (paremal).

Molekulaarmudelis koosneb gaas molekulidest, mis liiguvad kiiresti ja *mis peavad põrkuma elastset* vastu neid hoidva anuma seinu. Nagu me varem mainisime, kui seostame seadustega reguleeritud käitumist mudelis olevate molekulidega, siis loome teooria.

Kui kaks molekuli üksteisega kokku põrkavad, peab ka kokkupõrge olema elastne, sest kui see nii ei oleks, muutuksid gaasid vedelikeks, kuna molekulid aeglustuksid. Niisiis selgitab molekulaarteooria seda, et gaas hõivab täielikult kogu ruumi, mille sees see on.

Samuti on selle mudeliga lihtne vedelat olekut ette kujutada. Vedelas olekus vesi koosneb molekulidest, mis on teineteisega kontaktis, kuid võivad üksteise peal „veereda“. Saame seda analoogselt modelleerida, täites klaasi marmoritega. Nende maht on konstantne ja sobitub igasuguse mahuti kujuga, täpselt nagu vedelik seda teeks.

Saame antud mudelit kasutades ka tahket olekut mõista. Jää molekulid on üksteisega kindlalt ühendatud ja seega jääb nii selle

kuju kui ka maht samaks.

Kui elastsete sfääride molekulaarteooria on valitud, võime teha uusi katseid veega ja proovida seda teooriat kasutades tulemusi selgitada. Need harjutused kuuluvad Piaget' teooriate omandamise tsükklisse (Piaget, J. (1983). *Piaget's theory*. P. Mussen (trükk). Handbook of Child Psychology. 4. trükk. Vol. 1. New York: Wiley).

1.7. HÜPOTEESIDE, MUDELITE JA TEOORiate LÄBIVAATAMINE

Kui me vaatame läbitud mõtteteekonda, näeme, et meie poolt üles ehitatud hüpotees seisneb selles, et vesi koosneb submikroskoopilistest osakestest.

Hüpotees on oletus, mis on välja töötatud eesmärgiga selgitada vee käitumist ja tuletatud vaatluste ja eksperimentide kaudu. Niisiis vastab molekulaarne hüpotees vee puhul sellele, et veeaur ja vedel vesi muunduvad üksteiseks, mis sunnib meid arvama, et nad on samad asjad. Samuti selgitab see, miks seda gaasilises olekus ei ole näha, kuid vedelas olekus on nähtav. Ja lisaks selgitab see vedeliku suuremat tihedust võrreldes gaasiga.

See molekulaarne hüpotees hõlmab mudelit – sfääriliste molekulide mudelit. Me kasutame sõna „mudel“ sellisel tasemel iga füüsilise süsteemi esituseks, milles me kirjeldame kompositsiooni ikoone või sümbolite kasutades.

Kui mudeli elemendid järgivad distsipliini seadusi, oleme loonud teooria. Seega moodustub aine molekulaarteooria, kui seostame sfääriliste molekulide molekulaarmudeli nende molekulide käitumisega, kasutades selleks klassikalisi mehaanika seadusi.

1.8. MOLEKULIDEVAHELISTE JÕUDE OLEMUS

Kui laiendame molekulaarteooriat meie juhtumiuuringule, siis on ilmne, et kohesiooni

nähtus peab tulenema veemolekulide vahelistest jõududest ja adhesioon peab kätkema vee molekulide ja sellega kontaktis olevate tahkete ainete molekulide vahelisi külgetõmbejõudusid (joonised 31 ja 32).



Joonis 32. Vee molekulide vaheline kohesioon; adhesioon vee ja mündi molekulide vahel.

Me saame sfäärilise molekulaarmudeli muuta analoogmudeliks, kasutades selleks õpilasi. Sellisel juhul on kohesioonijõud need, mis hoiavad osasid molekulide teiste küljes, samas kui adhesioonijõud on need, mis ilmnevad laua (see kujutab endast münti) ja õpilaste vahel ning tulenevad nende kingataldade hõõrdumisest (joonis 33).



Joonis 33. Müntil esinevate kohesiooni- ja adhesioonijõudude läbimängimine.

See mudel on kõigi poolt väga lihtsasti mõistetav, nagu näeme kirjeldustest, mida õpilased vastavate sümbolite abil loovad.

Nagu näha, ei ole kasutatav mudel eriti oluline. Oluline on mõista, mida kujutus tähendab.

Molekulaarmudelisse molekulidevaheliste jõudude sisestamine nõuab järelemõtlemist. Nende jõudude liigid peaksid olema tuntud ja uuritud, et saaksime rakendada vastavaid seadusi mudeli elementidele, teisisõnu molekulidele. Sellel teadmiste tasemel ja sellel skaalal teame kolme põhilist jõudu: gravitatsioon, magnetism ja elekter. Võime nüüd need vastastikmõjud läbi vaadata, et teada saada, milline neist vastutab kohesiooni ja adhesiooni eest.

Gravitatsioonijõud vajab toimimiseks suuri masse. See kehtib päikese ja planeetide vahelise tõmbejõu ja galaktikate vahelise tõmbejõu puhul. On ilmne, et gravitatsioon ei saa olla vastutav molekulidevaheliste jõudude eest, kuna nende massid on väikesed. Magnetilised või elektrilised jõud võivad tekitada kohesiooni ja adhesiooni, sest on nende nähtuste selgitamiseks piisavalt tugevad. Mõistmaks, milline neist vastutav on, peame kavandama eksperimendi.

Kui molekulidevaheline jõud on magnetism, peab vee molekulidel olema teatud tüüpi magnetdipool ja see peab olema tugeva magnetvälja suhtes tundlik. Selleks, et teha kindlaks, kas see on nii, võime võtta neodüümmagneti ja panna selle väga aeglaselt voolava kitsa veejoa kõrvale (joonis 34).



Joonis 34. Vesi ei ole magnetiline.

Tulemus on, nagu me kõik teame, negatiivne. Kuigi magnet on väga tugev ja veejuga väga kitsas, ei mõjuta seda magnet. Tegelikult oleksime võinud seda tulemust ette aimata. Kui vesi oleks tõesti magnetiline, siis tõmbaksid magnetid ka meid ligi, sest inimesed koosnevad suuresti veest, seda aga ei juhtu.

Nüüd saame katsetada, mis juhtub, kui elektrifitseeritud õhupall läheneb veejoale (joonis 35).



Joonis 35. Elektrifitseeritud õhupall tõmbab kitsast veejuga enda poole.

Sel korral on tulemus positiivne – õhupalli elektriline laeng avaldab veele tõmbejõudu ja suunab selle kõrvale. See näitab, et vee molekulid on õhupalli juuresolekul polariseerunud või juhul, kui nad on polaarsed, siis nad orienteeruvad.

Nende katsete tulemuste põhjal võime hüpoteesida, et vee molekulidel on elektrilised laengud ja et nende vahel ilmnevad jõud (kohesioon) ja vee molekulide ning teiste materjalide vahelised jõud (adhesioon) on elektrilised. Nõustume hetkel selle tööhüpoteesiga.

Kui oleme otsustanud, et elektromagnetilised jõud peavad vastutama molekulidevaheliste jõudude eest, peame arendama vee molekulaarmudelit. Selleks peame siiski kõigepealt süvenema elektrostaatikasse, et saaksime kohaldada selle seadusi meie poolt pakutavate võimalike molekulaarmudelitega, et püüda seletada adhesiooni ja kohesiooni olemasolu.

2. TEINE OSA: KIIRE ELEKTROSTAATIKA AJALOO ÜLEVAADE

Teaduse ajalugu, nagu iga konkreetsele teemale viitav lugu, sisaldab aja jooksul toimunud sündmusi, mis on kronoloogiliselt organiseeritud, nagu kroonika. Kuid, et seda looks pidada, peab sellel olema struktuur, või süžee – nagu uskus Aristoteles –, mis sisaldab tegelasi, lähenemist, arengut konflikti läbi ja lõppu või kokkuvõtet.

Chomsky postuleeris, et lapsed sünnivad konkreetse võimega, mis võimaldab neil olla pädev keeles, teisisõnu, olla võimelised mõistma ja ütleva fraase, mida nad kunagi varem kuulnud ei ole. Samamoodi tundub ilmne, et neil on ka loomupärane võime organiseerida ajalisi sündmusi jutuna süžee ümber, samuti mõista kuulnud juttude süžeed (Chomsky M. (1990). „On the nature, acquisition and use of language“, Mind and Cognition: A Reader, W.G. Lycan (ed.), Cambridge MA ja London UK: Blackwells, lk 627–645). Tegelikult on nii, et kui räägime lapsele loo esimese osa, mõistavad nad kohe, et süžee on veel pooleli.

Seepärast peab noorele publikule esitavat teaduse ajalugu kasutama Aristotelese struktuuri, et lapsed saaksid selle meelde jätta tänu sellele, et sisemine ülesehitus sarnaneb lugudele, millega nad on harjunud.

Sellepärast hüpoteiseerib ajaloolane, et hiljem toimunud sündmused peavad mingil moel olema tingitud sellest, mis varem juhtus, eeldades loogilise struktuuri olemasolu, mis ütleb meile, miks ajaloosündmused juhtusid ühel konkreetasel viisil, mitte teisel. Asi seisneb käitumismudelite leidmises (seadused), mille jaoks ajaloolased töötavad välja ideed, mis aitavad ajalugu modelleerida, näiteks sotsiaalsed klassid, ideoloogiad, võimsad naised ja mehed, jumalate tahe või võitlus ellujäämise nimel. Selle struktuuri olemasolu teeb ajaloost teaduse.

Selle kiire elektrostaatika ajaloo ülevaate puhul lühendame loo ja jätame alles vaid olulise,

eelkõige peamised tegelased (suured teadlased), ning anname sündmuste toimumise aja ja koha kohta põhilise teabe. Selle faktilise jutustuse struktuuri loomiseks kasutame Piaget' teooriat – ainsat teadaolevat, mis selgitab nii teadmiste olemust kui ka seda, kuidas see on välja töötatud. See teooria on osutunud kasulikuks mitte ainult isiklikul tasandil, vaid ka teaduslikes ühiskondades (Kuhn) teadmiste uurimisel ja tehisintellekti puhul. Loomulikult on olemas ka teisi struktuure, mida saab ajaloo jaoks rakendada, ja igaüks määratleb teooria.

2.1. TEADUSE SÜND

Meie lugu algab 7. sajandil eKr, mil elektrostaatika esmakordselt avastati (peamine tegelane siin on Thales Mileetosest), ja see lõpeb 18. sajandil, peaaegu kaks ja pool aastatuhandet hiljem.

Kogu koolis veedetud aja õppisime klassikalise maailma suurtest mõtlejatest kui puhastest filosoofidest, mõistes seda sõna tänapäevase tähendusega, kuid tegelikult oli nende suhtumine ja töö palju sarnasem tänapäeva teadlaste omaga. Kuigi tegelikkuses on need inimlikud omadused ja hoiakud kahtlemata ühendatud, tundub õige seda rõhutada, et aidata dekonstrueerida naeruväärset antagonismi kunstide ja teaduse vahel, mis endiselt Läänemaailmas eksisteerib (Snow, Charles, Percy (jaanuar 2013), „The Two Cultures“, The New Statesman).

Võime ette kujutada, et ühel päeval, kui Thales puhastas riidega ilusat merevaigu tükki, täheldas ta, et hõõrumine annab sellele ebatavalise võime väikesi esemeid ligi tõmmata, sarnaselt sellele, kuidas magnetiline kivi tõmbab rauast esemeid ligi. Meie õpilased peaksid kordama Thalese läbiviidud katset, kus nad hõõruvad joogikõrt paberist salvrätiku vastu ning kontrollivad, kas see meelitab väikesi paberitükke ja muid väikeseid esemeid ligi (joonis 36).



Joonis 36. Elektrostaatiliste jõudude vaatlemine.

Me võime sellele nähtusele nime anda, sest see vastab kontseptsioonile: *elektrifitseerimine hõõrumisel*. See võimaldab meil sellele lihtsalt viidata. Lisaks merevaigule on seda omadust näidanud ulatuslik materjalide rühm, mille Thales ristas *elektrifitseeritavateks*. See viitab selgelt teise materjali klassi olemasolule, mida ei saa hõõrumisel elektrifitseerida, nimetame neid *elektrifitseerimatuteks materjalideks*. Nende seas on kõige olulisem rühm metallid.

Et teha läbi reis läbi ajaloo, peavad õpilased tegema katseid, et eristada neisse kahte rühma kuuluvaid esemeid. Selleks peaksid nad hõõruma paberist salvrätikutega mis tahes liiki käepäraseid olevaid materjale ja kontrollima, kas need omandavad kummalise võime väikeseid esemeid ligi tõmmata. Tulemus on väga huvitav: metalle, mida kasutatakse vooluahelates juhtidena, ei saa elektrifitseerida, kuid plasti ja muid materjale, mida kasutame elektrijuhtmete isoleerimiseks, on kerge elektrifitseerida. Peame rõhutama, et alati, kui on olemas klassifikatsioon, olgu see materjalide või elusolendite käitumise tõttu, peame otsima teaduslikku alust, mis näitab meile, kuidas meie uurimistööd jätkata.

2.2. LEUKIPPOS JA PÕHJUS, MIKS TEADUS ON OLEMAS

Leukippos elas umbes kakssada aastat pärast Thalest (460–370 eKr). Tõenäoliselt põhinedes sellel, kuidas Thales oma tulemusi esitles, lõi ta teaduse põhilised postulaadid, mida siiani kasutatakse. Leukippos sündis ilmselt samuti Mileetoses, nagu Thales, ja ta oli Demokritose õpetaja. See asjaolu on tähtis, sest kahe peale

tulid nad aastaid hiljem välja esimene aatomimudeliga (selle modifikatsioone oleme kasutanud vee käitumise selgitamiseks). Tegelikult, nagu näeme arvukatest näidetest, pole ajas kõige tugevamad ja püsivaimad asjad ehitised ega mälestised, vaid ideed.

Leukippos teadis, et teadus on inimeste loodud konstrukt. Ta tõstas küsimuse, kas inimesed saavad omandada maailma kohta teadmisi, kui nad jälgivad meeli kasutades loodusnähtusi. Nii nagu lapsed alates sünnist mõistavad, mõistis ka tema, et asjad juhtuvad alati samamoodi ja see võimaldab meil prognoose teha. Kuna ta oli kreeklane, kes elas 5. sajandil eKr, väljendas ta seda asjaolu öeldes, et jumalad organiseerisid maailma nagu kuberneri korraldavad oma linna ja rahvaid – seaduste abil. Ta määratles nn *looduseadused* (mida teadlased avastavad) looduse käitumist kirjeldavate väidetena. See teave saadakse vaatluste ja katsete tulemuste põhjal.

Kuna Leukippos ei teinud oma uurimistöös üldse mingeid katseid (ta oli teadusfilosoof), sõnastas ta oma järeldused kasutades postulaate – tõdesid, mida võetakse enesestmõistetavatena, kuid mida on võimatu tõestada. Eeldatakse, et need on tõesed, sest nende tagasilükkamiseks pole põhjust. On selge, et kui leitakse üks vastuoluline tulemus, siis postulaat enam ei kehti.

Leukippose esimene postulaat ütleb, et *jumalad ei mängi meiega, et meid segadusse ajada. Sel põhjusel ei käitu asjad juhuslikult, vaid järgivad seadusi, mida alati austatakse*. Õhus olevad kehad kukuvad alati, vees olevad mullid tõusevad alati ja nii edasi. Seda seadust võib seletada öeldes, et juhuslikult ei juhtu midagi ja et *samadel põhjustel on samad tagajärjed*.

Kokkuvõttes, nagu kõik lapsed, jõudis Leukippos järeldusele, et maailmas eksisteerivad looduseadused, mis on kõikidel juhtudel fikseeritud ja tingimata kehtivad. Juba paari kuu vanused lapsed avastavad, et asjad ei kao ja ema poolt riide alla peidetud esemete otsimine muutub mänguks. Samamoodi püüavad nad pidevalt uurida ja entusiastlikult avastada, kuidas

nähtused toimivad, olles kindlad, et need juhtuvad alati samamoodi. Leukippos räägib ka sellest kindlusest nende avastamisvõimes.

Tema teine postulaat ütleb, et inimesed on võimelised neid looduseadusi avastama ja leidma, kuigi ta ei kirjelda protseduuri ega meetodit, mis meid avastamiseni viib. Alles pärast renessanssi näitasid Galileo, Kepler ja Bacon meile, kuidas saaksime nende avastamiseni jõuda (esimene teaduslik meetod).

On huvitav vaadata sügavamalt nende seaduste olemust sellisel kujul, nagu Leukippos need lõi, sest tema antud tähendus püsib tänapäevani. Nagu juba öeldud, on looduseadus loodusliku käitumise kirjeldus, mida me ei ole tõestanud, vaid pigem kogemustest järeldanud (mõningate konkreetsete tähelepanekute põhjal üldise käitumise ettearvamine). Selline argumenteerimine induktsiooni kaudu on inimolemuses ja seda võib näha juba elu esimestel kuudel. Niipea kui lapsed täheldavad, et objektid kukuvad, kui need õhku jätta, saab sellest mäng ja nad kukutavad mänguasju olles kindlad, et need kõik käituvad samal viisil. Nad mõistavad väga kiiresti, et võlutrikkide puhul on tegemist erakordse käitumisega ja nad näevad trikkide avastamiseks palju vaeva.

Kuna Leukippos täheldas, et merevaigu hõõrumine elektrifitseerib selle sõltumata, kus katse toimub (maismaal, merel, mägedes või rannas) või kes seda teeb (mees, naine või laps), oletas või järeldas Leukippos, et tegu oli looduse üldise käitumisega, teisisõnu seadusega. Kuid kuna ta oli seda tõestanud naeruväärselt vähesel arvul juhtudel, ei saanud ta olla kindel, et mingil ajal või mingis kohas see seadus ei kehti. Seega on seadus alati esialgne kirjeldus (nagu me varsti näeme) sellest, mis on meie uskumuste järgi üldine looduslik käitumine. Sel põhjusel peame olema valmis seda asendama teise üldisema põhimõttega. Kogu loo vältel näeme näiteid, mis selgitavad seda protseduuri, mis ei ole midagi enam kui Piaget' teadmiste ehitamise skeem.

Veel üks Leukippose väidete tagajärgi on see, et looduseadused on maagiga vastuolus, kuna nad

ei nõua salajasi teadmisi nõidumise või maagia kohta.

Nagu näeme, teenis Leukippos teaduse ajaloos olulise positsiooni – või peaksime ütleva filosoofias?

2.3. LÄÄNEMAAILMA RENESSANS

2200 pikka aastat oli teaduse ajalugu vaikne koht, kus Mileetose Thalese seadused püsisid muutumata kujul.

Aga 15. sajandil, erinevatel põhjustel ja ilmselt tänu *renessansile* (voorused, huvid ja pärand klassikalisest maailmast), kujunes ühiskonnal välja uus suhtumine teadmisesse, mis tõi väga varsti kaasa teadusliku revolutsiooni.

Meie arvates oli üheks põhjuseks see, et araablastel taasavastasid Kreeka filosoofide teosed. Need käsikirjad tõlgiti araabia keelde ja seejärel Kastilia kuninga Alfonso X Targa käsul araabia keelest ladina keelde Toledo tõlkijate koolis. Tõlkeid kopeeriti lugematutes kloostrites ja koopiaid levitati kogu Euroopas Jaakobitee ja Rooma tee kaudu. See tähendas klassikalise maailma taasavastamist, mis tõi kaasa intellektuaalse ärkamise, mis oli üks renessansi nähtuse põhjusi. Kuid see on vaid üks teooria.

Ameerika avastamisega omandas teadus tootmisparameetri, teisisõnu majandusliku tähtsuse. Oleme nüüd 16. sajandis. Et sõita Euroopast Ameerikasse, pidid laevade kaptenid mõistma astronoomiat ja Maa magnetvälja, et suunata end 20-päevase reisi jooksul. Kaptenite haridus oli fundamentaalse tähtsusega, et reis oleks piisavalt lühike, et meremehed ei haigestuks skorbuuti, ning et laev ega laadung kaduma ei läheks. Seetõttu oli Copernicuse väljatöötatud mudeli täiustamine ja magnetismi edenemine tohutu majandusliku tähtsusega. See on põhjus, miks William Gilbert (1544–1603) nüüd meie loosse siseneb. Ta oli Inglismaa kuninganna Elizabeth I kuninglik arst. Elizabeth I tunti kui *neitsikuningannat* ning tema järgi

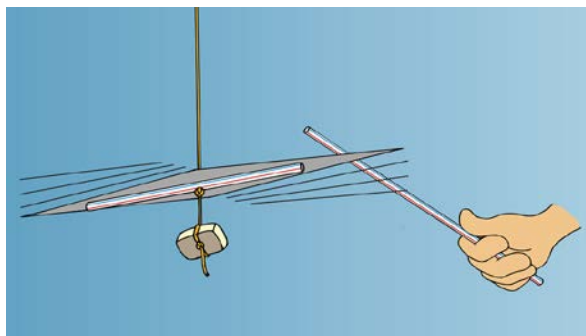
nimetati Põhja-Ameerikas suur Virginia territoorium, mille Inglismaa anastas.

Gilbert käis ilmselt kuningannaga Shakespeare'i esietendustel ning samuti armastas ta füüsikat ja tavatses kuningannale magnetismi ja elektri eksperimente demonstreerida, kasutades terminit *electricus*, et kirjeldada elektriliste nähtuste eest vastutavat kummalist vedelikku. Kuna elekter ja magnetism olid väga sarnased nähtused, uuris Gilbert mõlemaid samal ajal.

Nagu me juba mainisime, jõudsid Mileetose Thalese teadmised elektrienergia kohta William Gilbertini peaaegu originaalsel kujul.

- Thalese esimene seadus ütleb, et kui keha hõõrutakse (st elektrifitseeritakse), tõmbab see väikseid objekte ligi. See omadus kaob aja jooksul.
- Thalese teine seadus ütleb, et on kehi, mida saab hõõrumisega elektrifitseerida, ja kehi, mida ei saa (elektrifitseeritavad ja elektrifitseerimatud).

Umbes 1600. aastal kirjutas Gilbert traktaadi, milles selgitas magnetismi ja elektri erinevust, mida saab katsetada, kasutades tema poolt leiutatud lihtsat instrumenti, mille ta nimetas versoriumiks. Me võime kergesti selle klassis ehitada, võttes kasutusele eelistatavalt paksema ahjualumiiniumfooliumi ja selle raskuskeskmest rippuma pannes (joonis 37).



Joonis 37. Võime versoriumi lihtsatest materjalidest valmistada.

Kui kirjeldada selle tööd ajaloolises hetkes, kus me ennast leiame, siis võib öelda, et hõõrutud keha (laenguga, nagu tänapäeval ütleksime), tõmbab Thalese seadusega kooskõlas olevalt ligi

kõiki neutraalseid kehi (elektrifitseeritav või mitte), mis on selle lähedal. Kuid magnet tõmbab ligi ainult magnetilistest materjalidest valmistatud esemeid (sel ajal olid teada ainult raud ja mõned selle mineraalid). Ja Gilbert, olles ajaloolises perioodis, mis tahtis tõestada, kui tähtis oli klassikalise maailma pärand, ristis selle uue distsipliini *elektriks*, mis on tuletatud kreekakeelsest sõnast „*elektron*“, mis tähendas merevaiku. Sellest sõnast tulenevad sõnad elekter ja elektroonika.

Vaatamata Thalese seaduste lihtsusele viisid need praktiliste rakendusteni. Kogu keskaja jooksul oli tavaline näha ketrajaid, kes kasutasid kedervart, mille alumises osas oli merevaigust tükk, mida nad ketramise ajal seeliku vastu hõõrusid. See elektrifitseeris merevaigu ja kui niit kogemata katkes, said nad seda kasutada maapinnalt niidi üles korjamiseks ilma, et oleks vaja olnud kummardada.

2.4. FRANCIS BACON LOOB TEADUSE TEEMISE MEETODI: KUI SEDA JÄRGIME, ON TÕENI JÕUDMINE GARANTEERITUD

Veel üks mõjukas isik oli Verulami parun Francis Bacon (1561–1626), kes lisas Leukippose poolt välja pakutud postulaatidele uue.

Aastal 1620 avaldas ta oma töö „*Novum Organum*“ ehk *looduse tõlgendamise soovitused*, kus ta kirjeldas teaduste jaoks rakendatavat katsemeetodit, vastandades selle Aristotelese Organonile (sobib ainult kolleegidevaheliste arutelude jaoks). Sel viisil lisas Bacon Leukippose postulaatidele uue, milles ta selgitas maailma juhitavate seaduste avastamise korda.

Baconi uus postulaat: *kui soovite teada, kuidas loodus käitub, on ainus võimalus seda otse hästi kavandatud katsete abil küsida.*

Teisisõnu, ainult loodus võib öelda, kuidas see käitub.

See täiustab Leukippose postulaate, mis ütlesid meile, et on olemas seadused, mida võiksime välja selgitada, kuid ei andnud meetodit, mille abil neid avastada.

See printsiip koos kahe Leukippose omaga oli 17. sajandi teaduslike teadmiste alus.

Järgnevalt võtame loos otsetee ja hüppame kohe uue otsitava kujutuse juurde. See on loo rääkimise eelis – see on virtuaalne ruum, mis eksisteerib vaid meie peas ja see võimaldab meil liikuda edasi ja tagasi ning peatuda igas kohas ja igal ajal. See on üks meie kõige kasulikuim õppevahend.

Sellel teel on neli olulist ristteed:

- Esimene neist on Cabeo eksperiment 1629. aastal.
- Teine sõlmpunkt, 1725. aastal, on Gray ja Desaguliersi tehtud avastused peaaegu sajand hiljem.
- Kolmas on du Fay töö 1733. aastal.
- Neljas vastab Benjamin Franklinile, kes esitas 1747. aastal elektrilaengu jäävuse seaduse.

Esimene sõlmpunkt – tõukejõudude avastamine

Mõned aastad pärast Gilberti surma 1620. aastal tegi Itaalia jesuiit Niccolò Cabeo (1586–1650) igasuguste materjalidega elektrostaatika eksperimente. Ta märkis, et elektrifitseeritavast materjalist neutraalsed objektid tõmbusid merevaigule ligi ja jäid selle külge kinni (vastavalt Thalesi seadustes kirjeldatud käitumisele), kuid väikesed metallosakesed käitusid täiesti erinevalt. Pärast merevaigu poole tõmbumist ja sellega kokku puutumist tõukusid need tugevalt eemale. Sel moel avastas Cabeo *elektrilised tõukejõud*, millest ei räägitud juba 2200 aastat kasutusel olnud Mileetose Thalesi seadustes.

Võime seda käitumist ka klassis demonstreerida, kui kasutame väikeseid alumiiniumfooliumist tükikesi. Kui lähendame neile hõõrutud PVC-pulka, näeme, et kõigepealt tõmbuvad nad selle ligi, kuid pulgaga kokku puutudes tõukuvad

tükikesed eemale. Samuti võime teha dramaatilisema katse niidi külge riputatud alumiiniumfooliumist palli või kirjaklambriga. Elektrifitseeritud pulgale lähenemisel näeme esmalt külgetõmmet ja seejärel tõukumist (joonis 38).



Joonis 38. Elektrifitseeritud PVC-pulk alumiiniumitükke ligi tõmbamas.

Cabeo eksperimenti peaks läbi viima iga õpilane ja seda vihikus kujutama ja kirjeldama. Need märkmed on kasulikud siis, kui teaduse ajalugu viib meid kohta, kus saame juhtuvat selgitada sobiva mudeliga, millest Cabeo ei teadnud. Sel moel mõistavad nad, mida teaduslikud edusammud ja avastused tegelikult kujutavad. Ajalooliselt kulub protsessiks umbes nelikümmend aastat, kuid meie õpilastel võtab see vaid paar päeva.

Teine sõlmpunkt – Gray ja Desaguliersi avastused

Kõiki materjale saab elektrifitseerida

Järgmise Thalesi seadustega vastuolus oleva avastuse tegi Stephen Gray (1666–1736). Gray sündis Londoni suure tulekahjuga samal aastal (mis kattus ka *suure katku* lõpuga) ja tema õnnetuseks paigutas ta teaduslikult ennast Newtoniga vastuollu. 1727. aastal küsis Gray, miks metallist materjalid, vastupidiselt mittemetallidele, tõukusid elektrifitseeritud pulgast peale selle katsumist eemale. Teda intrigeeris Cabeo avastatud materjalide kummaline käitumine elektrienergiaga kokkupuutumisel ja ta töötas välja ning viis läbi mitmeid eksperimente. Ta avastas, et ka *metalle saab elektrifitseerida*, kui need on eksperimenti

läbiviija käest elektrifitseeritava materjaliga eraldatud.

Saame Gray katset klassiruumis korrata, kui kasutame vasktoru, millel on PVCst või muust plastist käepide. Näeme, et kui hõõrume vasktoru riidega – eelistatavalt tefloniga veekindlaks muudetud riidega (kasutatakse näiteks teatud laualinade töötlemisel) –, siis vasktoru elektrifitseerub täpselt nagu PVC-pulkki.

Seetõttu kaob elektrifitseeritavate ja elektrifitseerimatute materjalide eristatavus ning vana seaduse võib uuega asendada.

Thalese teine seadus: on kehi, mida saab hõõrumisega elektrifitseerida, ja kehi, mida ei saa (elektrifitseeritavad ja elektrifitseerimatud).

Uus teine seadus (Gray): *kõiki materjale saab hõõrumisega elektrifitseerida.*

Kuid Gray jätkas kahe eelneva klassi materjalide vaheliste erinevuste otsimist, olles veendunud, et metallide kummaline käitumine (ei elektrifitseeru hoidmisel) peab olema tingitud mõnest veel teadmata omadusest.

Metallid juhivad elektrit, kuid isolaatorid mitte

Kaks aastat hiljem, kui ta töötas oma sõbra ja kaitsja Jean Theophile Desaguliersiga (1683–1744), avastas Gray peidetud omaduse, mis eristab metalli mittemetallidest: metallid juhivad elektrit, võimaldades sellel metallist objektis ühest punktist teise liikuda.

Gray ja Desaguliersi eksperimenti on klassis lihtne korrata. Selleks peame paigutama vasktoru plastist klaasile ja panema niidi otsa riputatud alumiiniumfooliumist väikese palli või kirjaklambri toru ühele otsale väga lähedale. Sellel hetkel, kui elektrifitseeritud PVC-pulk puudutab vasest toru teist otsa, tõmbab toru kirjaklambri ligi.

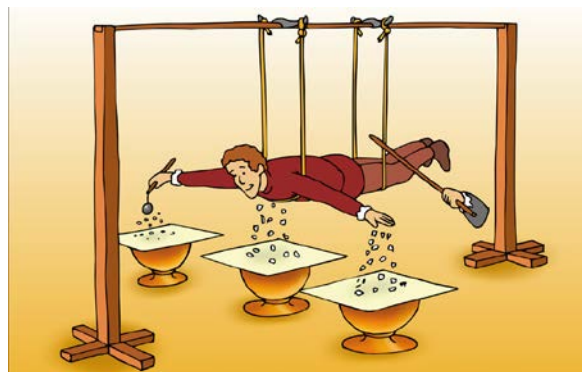
See tõestab, et PVC-pulga laeng kantakse metallist toru otsale ja see tõmbab kirjaklambrit tänu induktsioonile: metall on elektrijuht.

Sellest lähtuvalt löid need kaks teadlast uue materjalide klassifitseerimise süsteemi:

elektrijuhid (vastavad sellele, mida Thales pidas elektrifitseerimatuteks); ja mitteelektrijuhid, mida tuntakse kui *isolaatoreid* (vastavad Thalese elektrifitseeritavatele materjalidele).

Inimese keha juhib elektrit

Gray ja Desaguliers jätkasid katsetamist ümbruses olevate materjalidega, et kontrollida just äsja avastatud seadust. Muude katsete hulgas püüdsid nad enda sõrmi elektrifitseerida, hõõrudes neid kanga, villa, naha ja muuga, et näha, kas nad suudavad paberitükke ligi tõmmata. Nad jõudsid järeldusele, et sõrmi ei saa hõõrudes elektrifitseerida. Nad uskusid korrektelt, et sama, mis juhtus vasktoruga, juhtus ka inimkehaga, sest see oli elektrijuht ja seetõttu kadus hõõrumisel tekitatud elekter jalgade või jalatsite kaudu maapinda. Selle kinnitamiseks isoleerisid nad inimese, riputades nad väga kuivade siidkõitega õhku. Seejärel ühendasid nad inimese elektrostaatilise masinaga ja kontrollisid, et inimkehale jäi laeng alles ja see säilitas laengut samamoodi nagu mis tahes muud objektid (joonis 39).

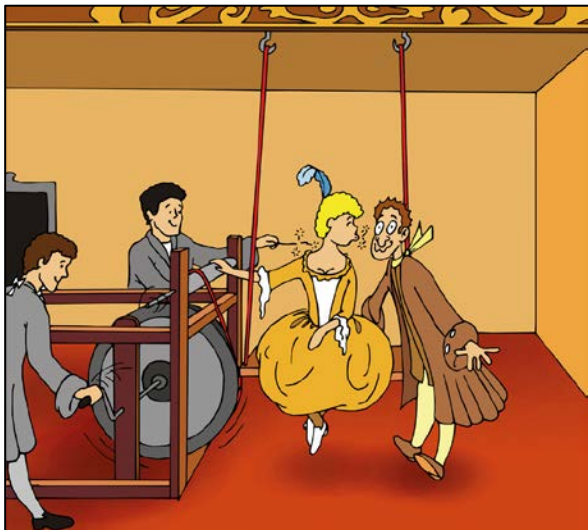


Joonis 39. Elektrifitseeritud noormees.

Nii avastasid nad, et inimkeha on elektrijuht, kuigi see pole metallist. See paljastas veel ühe uurimist vajava saladuse – mittemetallist elektrijuhtideks olevate kehade olemuse.

Need uued avastused võimaldasid mõista, miks Thales ei suutnud metalli käes hoides elektrifitseerida. Kuigi hõõrumisel tekkis palju elektrit, liikus see inimkehasse, kust see suunati jalanõude kaudu maasse. Kui seda mõisteti, läks idee *elektrilise suudluse kujul* laatadele, kus noor tüdruk isoleeriti siidist nõõridega ja

elektrifitseeriti eelnevalt kirjeldatud viisil. Kui ta suudles isoleerimata inimest, liikus osa elektrilaengust tema keha kaudu maapinda, tekitades elektrilöögile iseloomuliku tunde (joonis 40).



Joonis 40. Elektriline suudlus.

Kolmas sõimpunkt, tänu du Fayle

On kahte tüüpi elektrit

Alles neli aastat pärast Gray avastusi tegi Charles François du Fay (1698–1739) 1733. aastal avastuse, mis oli elektrostaatika arengus otsustava tähtsusega: kahte liiki elektrit olemasolu, mida ta kutsus klaasielektriks (tänapäevaseid termineid kasutades saab see positiivse laengu) ja merevaiguelektriks (mis saab negatiivse laengu), sest üks saadi siidiga klaasi hõõrudes ja teine merevaiku või ükskõik millist vaigust ainet hõõrudes.

Väga tavalisi materjale kasutades on väga lihtne klassis osasid du Fay katseid korrata. Alustame sellega, et ühendame kaks erinevat värvi joogikõrt (all joonisel oranž ja kollane) (joonis 36) ja riputame nad liitekohast nii, et need on tasakaalus (joonis 41).

Katse esimeses osas hõõrutakse kollast (meie näites) kõrt paberist salvrätikuga, olles ettevaatlik, et me ei katsuks kätega seda salvräti osa, mis on olnud kõrrega kontaktis (joonis 42). Kui me toome selle osa salvrätikust kollase kõrre

lähedale, siis näeme, et need kaks elementi tõmbuvad üksteise poole (joonis 43).



Joonis 41. Du Fay eksperiment klassiruumis.



Joonised 42 ja 43.

Eksperimendi teine osa koosneb uue kollase kõrre (kahest ühendatud ja rippuvast) hõõrumisest uue salvrätikuga. On võimalik lihtsalt kontrollida olukorda, kui kaks kollast kõrt teineteise lähedale satuvad, siis nad tõukuvad (joonis 44).

Selle katse (ja sarnaste) tulemusi tõlgendas Du Fay, kelle teadustöö oli motiveeritud Gray ja Desaguliersi töödest, eeldades, et kui plastikkõrt hõõruda paberist salvrätikuga, saab plast negatiivse laengu ja paber positiivse. Ta järeldas kohe, mis toimub ja ta süntesis selle du Fay seaduseks, mis kõlab nii: sama nime või märgiga laengud tõukuvad, samas kui erinevused tõmbuvad.



Joonis 44.

Triboologia tabel

Pärast arvukate katsete läbiviimist jõudis ta järeldusele, et on olemas loomulik kalduvus elektrifitseeruda, kui kaks elektriliselt neutraalset keha hõõrduvad (positiivsete ja negatiivsete laengute võrdsed kogused). Mõlemad saavad laengu, üks positiivse ja üks negatiivse. Uurides hõõrumisel omandatud laengu liiki ja kogust, koostas ja järjestas ta empiirilise nimekirja materjalidest, mida nimetatakse *triboelektriliseks tabeliks*, teisisõnu põhines see ainult eksperimentaalsetel tulemustel (joonis 45).

+ SUUREM POSITIIVNE LAENG	
Inimese nahk	
Klaas	
Nailon	
Vill	
Siid	
Paber	
Puuvill	
Kumm	
Polüetüleen	
PVC	
Teflon	
Silikoon	
- SUUREM NEGATIIVNE LAENG	

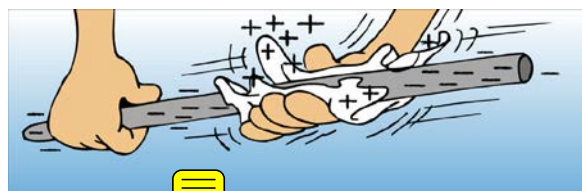
Joonis 45. Triboelektriline tabel.

Tabeli järjekord on selline, et kui kahte tabelis olevat materjali hõõrutakse kokku, saab nimekirja ülasale lähemal olev materjal positiivne laengu ja teine negatiivse. Lisaks sellele on nende hõõrumisprotsessi käigus omandatud

laengu suurus proportsionaalne kaugusega (positsiooniga), mis tabelis kahte materjali eraldab.

Seega, kui klaaspudelit puuvillase lapiga hõõruda, liigub klaasilt puuvillale negatiivne laeng ja tulemuseks on positiivse laenguga pudel ja negatiivse laenguga rii. Peame arvestama asjaolu, et materjali positsioon tabelis ei sõltu ainult selle kompositsioonist, vaid ka selle pinna omadustest (poleeritud, kriimustatud jne).

Katsetused, mille oleme klassiruumi jaoks välja pakkunud, kasutavad paberist salvrätikuid ja joogikõrsi (PVC). Tabelist võib järeldada, et plast omandab negatiivse laengu ja paber positiivse (joonis 46).



Joonis 46. Mitteelektrijuhist objekti elektrifitseerimine.

Neljas sõlmpunkt – Benjamin Franklini laengu säilitamine

Elektri valdkonnas oli ikkagi oluline tükk puslest puudu, et seda saaks lugeda terviklikuks teadmiste kogumiks. Selle tüki andis Benjamin Franklin (1706–1790) 1747. aastal saadetud kirjas enda sõbrale Cadwallader Colderile, kes oli teadlane ja poliitik nagu temagi, kus ta selgitab, et elektrit ei tekita hõõrdumine, vaid see on looduses olemas olev element, nagu vesinik või hapnik, mida ei tekitata ega hävitata, vaid kantakse ühelt kehalt teisele.

Tänapäeval on Franklini unikaalse elektrilise vedeliku mudelist loobutud, sest see oli vale, ja see on asendatud kahelaengulise mudeliga, mida me kirjeldustes kasutame. Tänapäevases keelekasutuses võime öelda, et on kaks elektrilist laengut, mille du Fay avastas (positiivne ja negatiivne), ja et need esinevad neutraalsetes kehaes täpselt samas koguses. Peale selle, kui hõõruda kokku kahte elektrifitseerimata materjali, jagatakse mõlemad laengud ühest

kehast teise ümber, andes tulemuseks ühe positiivse laengu ja ühe negatiivse laenguga keha.

Elektrilaengu jäävuse seadust ei saa klassiruumis kontrollida, kuna me ei saa kvantitatiivseid mõõtmisi teha. Nagu kõik jäävuse seadused, tuleneb see sümmetrist. Antud juhul tähendab see muutumatus Amalie Emmy teoreemi (1882–1935) kaudu laengu säilimist. Kuid antud seletuse jaoks vajalikul tasemel võime seda lihtsalt võtta kui postulaati, mis on tuletatud tähelepanekust, et kui hõõrume kahte neutraalset keha kokku, on nende poolt omandatud laeng alati vastupidise märgiga ja on loogiline arvata, et need kokku võrduvad nulliga.

Franklin postuleeris enda elektrilaengu jäävuse seaduse 140 aastat pärast Cabeo eksperimenti ja 2300 aastat pärast Thalese tööd.

2.5. ELEKTER 18. SAJANDI KESKEL

1750. aastaks olid avalikustatud uued elektrienergia seadused, mis tänapäeva keelepruugis on järgmised:

- Seadus 1: On olemas kahte liiki elektrilaenguid - positiivsed ja negatiivsed. Maailm sisaldab mõlemat samas koguses.
- Seadus 2: Elektrilaenguid ei looda ega hävitata. Nad liiguvad vaid kontaktipõhiselt või hõõrumise teel ühelt kehalt teisele.
- Seadus 3: Kõiki materjale saab hõõrumisega elektrifitseerida. Mõlema kokkupuutel materjali poolt omandatud laengu märk on näidatud triboelektrilises tabelis, mis on empiiriliselt katsete tulemusel kokku pandud ilma, et nad peaks seadusi järgima ja ilma et seda toetaks teooria.
- Seadus 4: On materjale, mis juhivad elektrit (elektrijuhid) ja teised, mis ei juhi (isolaatorid).

Juhtide ja isolaatorite avastamisega ilmus vooluringide teooria, kuid selleks peame ootama Georg Simon Ohmi (1789–1854) sündi –

Prantsuse revolutsiooni algusaastat. See 1827. aastal esitatud teooria väljendab Ohmi kuulsat seadust, mis määrab kindlaks pinge, takistuse ja voolutugevuse vahelise seose. Sellest tuleneb elektrienergia transportimine, telefon, elektroonika, arvutid ja lõpmatu uuenduste loend, mis siiani täieneb. Kuid see on teine lugu.

Nende nelja seadusega, mis on teaduse vastus uutele avastustele (kui oli tõestatud, et neid ei saa varasemate seadustega selgitada), on võimalik selgitada, nagu näeme, *kõiki 18. sajandil ehk valgussajandil teada olevaid elektrinähtusi*. Nende hulgast oleme valinud eriti olulise näite, sest see on seotud molekulidevaheliste jõududega meie loo algusest.

A. Induktsiooniga polariseerimine

Asjaolu, et iga isoleeriv keha (nagu PVC-pulk), millele on hõõrudes laeng antud, tõmbab ligi neutraalseid isolaatoreid ja metallist esemeid, tuleneb nähtusest, mida nimetatakse induktsiooniga polariseerimiseks.

Induktsiooniga polariseerimise mehhanism ei olnud esialgu väga selge ja seda ei mõistatud enne polaarse või polariseeritava molekulaarmudeli leiutamist. Sel põhjusel eeldati 1750. aastal, et nendes väikestes objektides olid mõlema märgiga laengud teataval määral eraldatud. Kui me viime negatiivselt laetud PVC-pulga konfeti lähedale, lähevad konfeti olevad positiivsed laengud (pulk tõmbab neid külge) PVC-le lähima pinna poole ja negatiivsed laengud (mida PVC negatiivne laeng tõukab) positsioneerivad ennast pulgast kõige kaugemal olevasse äärde, tekitades laengute eraldumise, mis konfeti polariseerib.

Kuna konfett ei ole juht, ei saa see laengut pulgale anda ja sellele negatiivset laengut anda, mistõttu jääb see PVC külge kinni, samas kui pulk püsib elektrifitseerituna. Kuid on ka kindel, et kuna konfett ei ole juht, on keeruline selgitada, kuidas laengud selle sees üksteisest eralduvad. See on üks vastamata küsimusi, mis pani paika selle ajastu uuringute suuna.

Nende seaduste kinnistamiseks pakume välja rea lihtsaid katseid, et meie õpilased mõistaksid nii hästi, kui nende vanus lubab, kuidas looduse käitumise selgitamiseks seadusi kasutatakse.

B. Miks meelitab elektrifitseeritud pulk neutraalset elektrijuhist keha?

PVC-pulk saab paberiga hõõrumisel negatiivse laengu (vt eelnevat triboelektrilist tabelit).

- Kuna purgi metall on juht, tõukavad PVC negatiivsed laengud purgi negatiivseid laenguid, mis liiguvad pulga kaugeima osa suunas (joonis 47).
- Kui objektil on eraldi positiivsed ja negatiivsed laengud – positiivne ühes otsas või poolusel ja negatiivne teises otsas või poolusel –, võib öelda, et objekt on elektriliselt polariseeritud (antud juhul induksiooni tõttu).
- Kuna PVC-pulgale lähim konteineri osa on positiivne, siis tõmbab pulk seda ligi ja see liigub pulga poole.
- Purgi negatiivsed laengud on kaugemal kui positiivsed ja seega on tunda väiksemat tõukumist pulga poolt kui positiivse osa poolt tuntavat külgetõmbejõudu.
- Kui purk pöörab, siis positiivsed ja negatiivsed laengud liiguvad selles nii, et purk jääb horisontaaltasandil polariseerituks.



Joonis 47. Pulk tõmbab purki ligi.

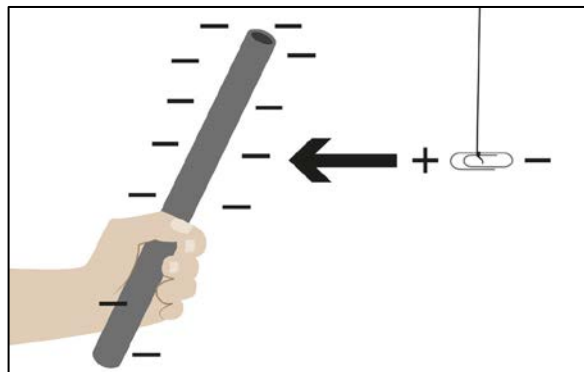
Sel moel oleme selgitanud enda katse tulemusi elektrostaatika seadusi rakendades.

C. Cabeo eksperimendi analüüs elektrostaatika seaduste abil

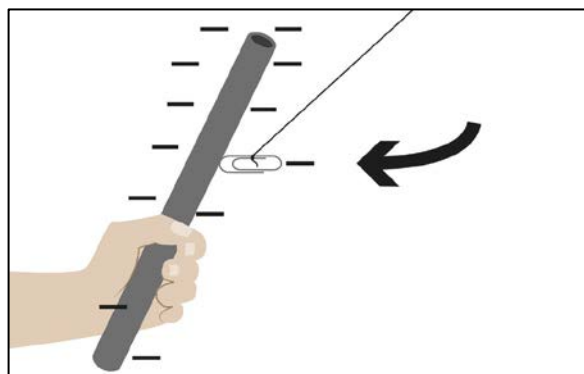
Cabeo avastatud elektrilist tõukejõudu, mis märkis ühe elektrilaengu mudeli lõppu, võib samuti seletada, kasutades du Fay avastatud laenguid (+ ja -), laengute liikumist elektrijuhis ja Franklini elektrilaengu jäävuse printsiipi. Vaatame kuidas.

Kui hõõrume paberist salvrätikuga PVC-pulka, saab pulk negatiivse laengu ja salvrätik – tänu Franklini elektrilaengu jäävuse seadusele – saab sama suure positiivse laengu.

Kui elektrit juhtivast materjalist väike objekt, näiteks kirjaklamber, läheneb PVC-pulgale, muutub see juhtimise tõttu polariseerituks samamoodi nagu purk: negatiivsed laengud (mis meie praeguste teadmiste kohaselt on metallis liikuvad) *põgenevad* kaugesse otsa, jättes lähemal oleva otsa positiivselt laetuks: selliselt polariseeritud metalli tõmbab seejärel negatiivne pulk ligi (joonis 48).



Joonis 48.

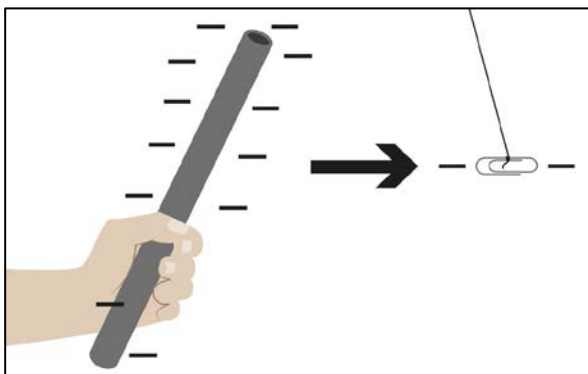


Joonis 49.

Selle tulemusena läheneb objekt, kuni see puutub pulgaga kokku ja omandab osa selle negatiivsest laengust, kuna see on juht (joonis 49).

- Kui polariseeritud, kuid neutraalne pendel puutub kokku negatiivse PVCga, läheb osa PVC-l olevast laengust pendlile, andes sellele negatiivse laengu.
- Selle tagajärjel tekib tõukejõud, mis tõukab pendli negatiivsest PVCst eemale (joonis 50).

Katse lõpus on mõlemad kehad negatiivselt laetud, tekitades tõukejõu, mis Cabeod väga palju üllatas. Kuna seda oli võimatu seletada ühe laengu mudeliga, revolutsioneeris see katse elektrostaatika, sundides välja mõtlema uusi mudeleid, mis seda tulemust selgitaksid.



Joonis 50.

3. KOLMAS OSA: MOLEKULIDEVAHELISE JÕUDE ELEKTRILISED OMADUSED

Nüüd jõuame loo kolmanda osani. Selles osas püüame selgitada esimeses osas avastatud jõude, kasutades teises osas esitatud elektrostaatika teadmisi.

Kirjeldasime esmalt vee käitumist tahkete ainetega kokkupuutes olles, kasutades kontseptsioone, mis põhinevad adhesioonil ja kohesioonil. Hiljem postuleerisime aurustumis- ja kondenseerumisprotsesside põhjal vee molekuli olemasolu ja asjaolu, et see esineb nii

vedelas kui ka gaasilises olekus. Lisaks, kuna vett tõmbab ligi elektrifitseeritud keha, mitte magnet, siis eeldasime, et vee käitumist mõjutavad nähtused peaksid olema elektrilised. See järeldus tundus olevat hea tööhüpotees ja põhjus, miks me seejärel uurisime elektrostaatikat – teadusharu, mis arenes sõltumatult vedelike ja tahkete ainete vahelistest koostoimetest.

Õpetamise vaatenurgast on meil probleem: kuidas tutvustada (polaarset) vee molekuli nii, et see oleks õpilastele arusaadav ja vastuvõetav, ilma et peaksime kasutama selle aatomi ülesehitust. See hoiab ära aatomimudeli pika teekonna (ja sellega kaasneva perioodilise tabeli keerukuse) ning molekulide moodustumise koos stõhhiomeetria ja aatomite omadustega, mis selgitavad vee molekuli elektrilisi omadusi.

Meie ettepanek on teha veebipõhine uuring, et saada teavet teiste võimalike vee molekuli mudelite kohta (teiste teadlaste pakutud) ja kasutada neid adhesiooni- ja kohesioonijõudude selgitamiseks. Peame lihtsalt sisestama otsingumootoris „vee molekul“, valima piltide vahekaardi ja vaatama tulemusi.

Nagu näeme, on kõik kuvatavad pildid sama idee esitused: kuulus ja üldlevinud H_2O molekul, mis koosneb kahest positiivse laenguga vesiniku aatomist, mis on ühendatud ühe negatiivselt laetud hapniku aatomiga.

Nüüd on hea aeg vaadelda teaduslike mudelite olemust, nende väljaarendamise põhjuseid ja nende funktsiooni teadustöös. Mudel esitab sümboolselt teatud reaalsuse osa ja on loodud selleks, et selgesõnaliselt osutada reaalsuse selle osa teatud tunnusjoontele, mis on käimasoleva uuringu jaoks olulised. Linna kaart on hea näide mudelist, nagu ka väikesed autode, rongide ja muu sellise mudelid.

Kuna me praegusel juhul kahtlustame, et adhesiooni- ja kohesioonijõud on elektrilised, peaksime valima vee molekuli mudeli, kus laengud ja nende jaotus on selgelt näidatud. Selle mudeliga püüame mõista avastatud ja uurimise



Iga selliste omadustega mudel on sobilik – võime isegi kasutada sobivalt märgistatud õpilasi (nokamütsid, millel on O^- hapniku esindamiseks, ja välja sirutatud käed, milles mõlemas on H^+), kui molekuli kujutis näitab elektrilist polariseerumist (joonis 51).



Joonis 51. Vee polariseerumise etendamine.

Kõigi nende molekulaarmudelite puhul on kergesti mõistetav, et molekuli negatiivse hapniku aatomi ja ükskõik millise teise molekuli positiivse vesiniku vahel on atraktiivsed jõud. Tõepoolest, kui üksteisele lähenevad juhuslikult kahe läheduses oleva molekuli hapnikud, tekib tõukejõud, mis seda olukorda takistab. Neid molekulidevahelisi külgetõmbejõude teatakse vesiniksidemetena – jõu tüüp, mille esitas 1873. aastal Johannes D. Van der Waals (1837–1923). Sel põhjusel kutsutakse neid *van der Waalsi jõududeks*.

Peame mõistma, et polaarse vee molekuli kasutuselevõtuga oleme muutnud mudeli lihtsast kirjeldavast mudelist selliseks, et see selgitab jõude elektriseaduste põhjal.

Kui konsolideeritud distsipliini (nagu elekter) seadusi saab kohaldada mudelile, mis selgitab täheldatud fakte, siis ütleme, et oleme välja töötanud teooria.

Selle esituse abil on kerge näha, et vesiniksidemed tekitavad kohesioonijõud, mis on molekulide (sub-mikroskoopilise) polaarsuse makroskoopiline tagajärg.

Mida rohkem nähtusi mudel selgitab, seda kasulikum see on. Sel põhjusel püüame järgmisena kasutada sama molekulaarmudelit, et

mõista adhesioonijõude eeldades, et nende olemus on ka elektriline.

Alustame kõige lihtsamast juhtumist, kus molekul on kontaktis mittejuhist pinnaga, mis koosneb mittepolaarsetest molekulidest, näiteks õlitatud või vahastatud paberiga. Nagu nägime esimeses osas ning võime märkmeid vaadates meenutada, ei jää veetilk õlitatud paberile kinni. Selle põhjuseks on asjaolu, et vee ja õli vahel ei ole adhesioonijõude, mis selgitab ka seda, miks need kaks vedelikku ei segune (ja eralduvad erineva tiheduste tõttu). Kasutades meie mudelit, jõuame järeldusele, et vee molekulide laetud osad ei leia vastupidiseid laenguid, et õlitatud paber neid ligi tõmbaks. Selle tulemusena on adhesioonijõud olematud. Teflon on seda tüüpi pind ja seda kasutatakse laialdaselt veekindlates kangastes.

Teine juhtum hõlmab nende materjalide pindu, mille molekulid on polaarsed, nagu klaas (moodustunud ränidioksiidist). Hapniku aatomitel on väga suur külgetõmbavus elektronide suhtes – peaaegu kolm korda suurem kui ränil – nii saaksime klaasi pinda mudelis väga polaarsena kujutada (koosnedes positiivsetest ränni aatomitest ja negatiivsetest hapniku aatomitest). Seetõttu moodustavad vee molekulid, mis on samuti polaarsed, tugevaid sidemeid pinna positiivsete ja negatiivsete laengutega, mille tulemuseks on olulised adhesioonijõud. Need jõud põhjustavad torudes kapillaartõusu.

Viimaks uurime adhesioonijõude metallist pinnal, näiteks alumiiniumfooliumi lehel (nagu kasutasime esialgsetes katsetes nende jõudude kontseptualiseerimiseks). Selleks, et uurida, mis juhtub vee molekuli kokkupuutel alumiiniumpinnaga, esitame mõlemad elemendid lihtsa diagrammina.

Kui negatiivse laenguga hapnik läheneb alumiiniumile, tunnevad metallis olevad mobiilsed negatiivsed laengud hapniku poolt tõukejõudu ja liiguvad pinnast eemale. See negatiivse laengu puudumine tekitab hapniku aatomile kõige lähemal asuvas piirkonnas positiivse laengu, mis meelitab hapniku



aatomi sinna piirkonda, tõmmates kogu molekuli pinna poole. Tulemuseks on vee molekuli ja metalli vaheline külgetõmbejõud, mille saame identifitseerida adhesioonijõuna.

Samamoodi võime välja selgitada, mis juhtub siis, kui molekuli lähim osa on vesiniku aatom. Selle aatomi positiivne laeng tõmbab ligi metalli vabu negatiivseid laenguid, tekitades positiivse vesiniku aatomi kõrval negatiivse piirkonna, mis avaldab sellele vastavat külgetõmbejõudu. Sarnaselt eelmise juhtumiga, võime samuti seda jõudu adhesioonijõuks nimetada.

Neid nähtusi on väga lihtne seostada joogipurgis toimuvate laengute liikumistega, kui see satub elektrifitseeritud pulga lähedale ning pulk polariseerib selle induktsiooni kaudu.

Nüüd käsitleme pindpinevust vastupanuna, millega vedeliku pind objektide läbimist takistab.

Selle tulemusena on pind võimeline toetama kergeid esemeid. Lisaks sellele püüavad pinna molekulide vahelised elektrilised külgetõmbejõud pinda kokku tõmmata, samamoodi nagu õhupalli kumm, mis selgitab meie elastse naha mudelit (joonis 52).

Miks on vee pind nii elastne?



Joonis 52. Pindpinevuse näide.

Pindpinevus põhjustab ka tilkade sfäärilise vormi.

Peaksime kasutama sama mudelit adhesioonijõudude selgitamiseks, püüdes mõista, miks vesi jääb mõnele pinnale tugevamini kinni kui teistele.

Võime pinnad jagada kaheks: metallist (ja seega juhitud) ja mittemetallist pinnad, mis on

moodustunud molekulidest, mis võivad olla kas polariseeritud või täielikult poolusteta.

Juhtivate pindade puhul vee molekuli laengud (induktiivselt) polariseerivad pinna, millega nad kokku puutuvad. Ilmuvad külgetõmbejõud, mis on sarnased elektrifitseeritud pulga ja joogipurgi vahel ilmnenud jõududega.

Polaarsete pindade, näiteks klaasi, puhul on adhesiooni lihtne selgitada: vesiniku aatomeid tõmbavad külge pinna moodustavad negatiivsed molekulid ja hapnikku tõmbavad omakorda külge positiivsed. Pinnal olevate molekulide suurem või väiksem elektriline polarisatsioon vastutab adhesioonijõudude vastava suuruse eest.

Lõpuks võime vaadata mittepolaarseid tahkeid pindu, näiteks vaha, parafiini või õlitatud paberit. Sellisel juhul ei ilmne adhesioonijõude, sest puuduvad molekulidevahelised jõud. See on ka põhjus, miks õli ja vesi ei segune. Sel juhul võime öelda, et vesi ei märga pinda.

3.1. KAALUTLUSED: PIAGET' AJALOOLINE STRUKTUUR JA TEADMISTE DIDAKTILINE ORGANISEERITUS

Nagu nägime, pole alati soovitatav klassiruumi rakenduse arendamiseks ajaloost järgalt kinni pidada.

Seaduse või seaduste kogumi teiste uutega asendamise protsessi tuleks uurida teatava täpsusega, kuna see on ainus viis teadmiste loomiseks.

Thalese seadused selgitasid eksperimentide tulemusi kuni 1624. aastani. Kui neid prooviti kasutada uute tulemuste selgitamiseks (Cabeo, Gray, Desaguliersi ja du Fay), siis seadused ei töötanud ja oli vaja luua uued ja isegi tutvustada uut printsiipi (nagu Franklin tegi), mis võimaldasid eksperimentide tulemusi selgitada.. Piaget tutvustab seda seaduste asendamise protsessi teadmiste genereerimise protsessina ja jagab selle järgmisteks etappideks:



1. Olukord, kus olemasolevad seadused selgitavad kõiki katsetulemusi. *Pärismaailma mentaalse esituse süsteem* on tasakaalus.
2. Uued avastused saadakse uute eksperimentaalsete tulemuste vormis. Uute tulemuste amine vanade seaduste abil toob kaasa nende ebaõnnestumise, tekitades tasakaalutuse reaalse maailma käitumise ja arusaamade vahel, mille oleme enda peas loonud.
3. Sellise tasakaalu puudumise tõttu on vaja uusi seadusi, mis võimaldavad meie mentaalsel esitusel pärismaailmaga *kohaneda*.
4. See uus seaduste süsteem peab selgitama nii vanu kui ka uusi tulemusi.
5. Protsessi lõppedes on meil uus skeem, mis *selgitab* rohkem eksperimentaalseid tulemusi, teisisõnu rohkem reaalsel maailma. Oleme jälle tasakaalus.

Kuid seadused on ainult seadused ja see tähendab, et nad ei anna mingit selgitust selle kohta, miks nad on sellised, nagu nad on, ja nad ei anna kunagi rohkem teadmisi kui neile omane. Tõepoolest, võime öelda, et teadmised luuakse siis, kui leitakse eksperimentaalne tulemus, mis on vastuolus kehtivate seadustega, ja kohustab neid kohandamise käigus muutma. **Teadusuuringute valdkond on tõenäoliselt ainus koht, kus seadused on mõeldud rikkumiseks, ja teadustöö eesmärk on nende puuduste otsimine.**

Seadustest kõrgemal tasemel on teooriad. Teooria moodustab mudel (meie puhul molekulaarmudel), mille elemendid järgivad teiste, juba konsolideeritud erialade seadusi.

Mentaalne mudel on, nagu oleme öelnud, maailma esitus, mis kasutab ikoone või sümboliseid kujutisi. Oleme molekulide kujutamiseks kasutanud klaaskuule ja õpilaste

ning molekulidevahelisi jõude nende või laua vaheliste sidemete kujutamiseks.

Mudelite põhjal võime tuletada juba teada olevaid seadusi, mis on mudeli moodustavate suuruste vahelised kvantitatiivsed suhted.

Seetõttu on molekulidel elektrilised laengud, nad järgivad elektriseadusi ja liiguvad ja pörkuvad mehaanikaseaduste järgi. Selleks, et teooriat saaks pidada asjakohaseks, tuleks sellest järeldada madalama taseme seadused (lisaks uutele protsessidele ja seadustele, mis ei pruugi veel avastatud olla). Juhtumi puhul, mida oleme uurinud, on molekulaarteooriast ülevamal pool aatomi teooria ja veelgi kõrgemal tasemel on standardmudel (tegelikult teooria). Sel viisil on teooriad (mõnikord nimetatakse neid teoreetilisteks mudeliteks) organiseeritud nagu sibula kihid. Väljaspool on tiptasemel uusim teadus ja kui liigume sissepoole, siis leiame õpikute taseme, mis muutub sügavamale liikudes üha elementaarsemaks¹.

3.2. MIDA SELGITAVAD SEADUSED?

Seadused ei selgita midagi – nende ülesanne on eksperimentide tulemuste ennustamine. Kuid nagu näeme, ei tee nad seda otseselt, sest vahepealsete protsesside ahel, mis esineb niivõrd lihtsas nähtuses kui elektrifitseeritud pulga poolt konfeti ligitõmbamine, võib nõuda mitmete seaduste ja omaduste rakendamist.

4. JÄRELDUSED

Selle projekti käigus on meil õnnestunud uurida laste suutlikkust visualiseerida maailma, mida nad oma silmadega ei näe, ja seega käsitlevad kõik allpool kirjeldatud tegevused makroskoopiliste ja mikroskoopiliste maailmade erinevust. Me avastame, kuidas maailm töötab ja millest see on tehtud, ehk teisisõnu, me asume

¹ Mõnikord eristatakse gaasi ja auru sõltuvalt nende temperatuurist. Auru saab veeldada lihtsalt rõhu suurendamisega, samal ajal kui gaasi temperatuuri

tuleb veeldamiseks vähendada. Kuid antud juhul ei ole erinevus oluline.

teekonnale, mis viib meid läbi tahkes, vedelas, gaasilises kui ka plasma olekus esineva aine.

Õpilaste poolt läbiviidud uuringus saavad õpilased teada, millest on vesi tehtud, millised jõud toimivad, kui tilk kleepub teise aine külge, mis toimub aurustumise ajal ja kuidas vesi suudab kirjaklambrit toetada. Sel moel avastavad nad lihtsal viisil, et maailm koosneb aatomitest, molekulidest ja kristallidest, mida meie silmad ei näe, kuid mis on tõelised, ning et me peame mõistma, kuidas need töötavad.

TEINE OSA

**KOOLITUSELT
KLASSIRUUMI: PRAKTIKAS
RAKENDAMINE**





SISSEJUHATUS

Juhendi teises osas "Kuidas integreerida teadus lasteaia ja algkoolide õppeainetesse: Millest on maailm tehtud?", näitame, mis meie partnerkoolides tegelikult juhtus, ja loome ühtse meetodi, mis põhineb koolides läbiviidud teadustööl.

Alustades mõnede lihtsate eksperimentidega, asusime teekonnale, kus esitati nähtud faktidega seotud küsimusi ja mis võimaldas lastel ehitada teooriaid ja mudeleid neid ümbritseva maailma selgitamiseks. Allpool kirjeldatavates näidetes võtsid õpilased terves uuringus aktiivse rolli, et mõista vee käitumist reaalses maailmas mitmesugustes olukordades.

Alustades koolitusest, mille meie partnerid läbisid projekti alguses ja mis sisaldub käesoleva juhendi esimeses osas, vastavad need väljapakutud kogemused pedagoogilistele kriteeriumidele ja õpilaste kognitiivsetele võimetele. Need jagati järgmiselt:

- **P34 (Poola):** Miks jääb vesi teiste objektide külge kinni? Kohesiooni ja adhesioonikatsed. Selle uurimiskogemuse peamine eesmärk oli avastada jõude, mida me oma silmaga ei näe.
- **San Francisco kool (Hispaania):** Vesi teiste objektide juuresolekul. Eesmärk oli samuti avastada adhesiooni- ja kohesioonijõud. Läbi viidud eksperimentid olid seotud nende jõudude avastamisega.
- **Tallinna Asunduse lasteaed (Eesti):** Eesti koolis läbiviidud katsete eesmärk oli avastada selliste asjade olemasolu, mida meie silmad ei näe. Selleks tegid nad eksperimente, et avastada molekulide ja elektrilaengute olemasolu.
- **Zilvitis (Leedu):** Leedu kool tegi veega eksperimente, et avastada kondensatsioon, aurustumine ja molekulaarmudel. Nad läksid oma teekonnal veeringeni välja.

- **CPR-koolid Gijónis (Hispaania):** Eesmärk oli avastada, et adhesiooni- ja kohesioonijõud on elektrilised.
- **KPCEN Bydgoszczis (Poola):** Õpetaja tugimaterjalide väljatöötamine projekti „Millest on maailm tehtud?“ jaoks.

Esiteks kirjeldame 1. osas üldist skeemi, mida iga õpetaja peaks õppetöö raames läbiviidava teadustöö poolt saadud materjali kogumiseks kasutama. See skeem saadeti kõigile meie partneritele, et seda saaks mudelina kasutada.

Teises osas selgitame üksikasjalikult uuringute tulemusi.

Kolmandas osas esitab iga partner oma uurimisprojektide tulemused, mis on praktilised näited selle kohta, kuidas käesoleva juhendi esimest osa tõlgendati vastavalt pakutud üldisele skeemile.

OSA I

MUDEL, MIDA TULEB KASUTADA KÕIGIS KLASSIRUUMI TEGEVUSI KIRJELDAVATES DOKUMENTIDES

Iga dokument peab sisaldama järgmisi jaotisi:

1. Uurimisprojekti pealkiri

Näide: „Pindpinevuse avastamine”.

2. Tegevuse kirjeldus

See peaks sisaldama projektile kulutatud tundide koguarvu, kooli, kus see läbi viidi, osa võtnud õpetajate hulka, kasutatud vahendeid, kasutatud metoodikat, kasutatud kirjandust, õpilaste rühma kirjeldust jne. Allpool on näide õpilase rühma kirjeldamiseks vajalikust teabest:

Õpilaste (poiste ja tüdrukute) hulk, vanusevahemik, eritingimused ja muu teave, mis kirjeldab rühma tunnuseid.

3. Uurimisprojekti eesmärk

Teadusuuringu eesmärk peaks alati sisaldama teaduslikku sisu, kasutatud katsemeetodeid ja teaduslike teadmiste struktuuri. Eesmärk võib olla konkreetne (nt pindpinevuse mõõtmine) või üldisem (nt elektrienergia seaduste avastamine, teaduslike teadmiste struktuur koos suuruste, seaduste, mudelite ja teooriatega või selle kirjeldamine, kuidas teadlased oma teadustööd korraldavad ja teevad).

4. Uurimistöö arendamine ja ettevalmistamine

Kirjeldab, kuidas õpilased viisid tegevust või tegevusi läbi.

4.1 Õpilaste teadmiste taseme hindamine enne tegevuse alustamist, arvestades teaduslike teadmiste sisu ja struktuuri (NOS).

4.2 Kasutatud metoodika kirjeldus. Selle selgitamiseks oleme esitanud näite sellest, kuidas kasutatud metoodikat kirjeldada:

a) Esimene ülesanne on **rakendamiseks vajaliku ontoloogia (mõistete kogum) analüüs**, mis on korraldatud Novaki kaardina.

b) Seejärel tuleks koostada vastav **mõistekaart**.

Mõistekaardis koosneb kõrgeim (või lõplik) tase mõistetest, mis on vajalikud rakenduse eesmärgi saavutamiseks vajaliku protsessi kirjeldamiseks, kasutades teaduslikke suurusi. Madalaim (või alg-) tase peab kajastama kontseptsioone, mis on õpilastele algusest peale tähenduslikud (Ausubeli tase). Selleks, et vastata mõtestatud õppimise vajadustele, peaks õpetaja kujundama konstruktiivse tee Ausubeli taseme ja lõpliku taseme vahel.

Kui õpilaste vanus lubab, võib õpetaja selgesõnaliselt märkida vormi, kuidas mõiste muutub suuruseks: mõõt protsess, ühikud ja nii edasi.

c) **Uurimise olulisus teadustöös: teadusliku uurimuse olemus (NOSI).**

Alustuseks peaks õpetaja valima väljakutseid tekitava eksperimendi. Selle mõte on nii õpilaste huvi äratamine kui ka antud valdkonna eelnevate teadmiste hindamine. Näiteks elektri uurimisel võiks stimuleeriv lähtepunkt olla Talese katse.

Pärast provokatiivse eksperimendi läbiviimist tuleks õpilastel paluda kirjeldada protsessi enda sõnadega, vastates standardküsimustele:

- Mis toimus?
- Kuidas see toimus?
- Miks see toimus?

d) **Väärarusaamade avastamine**

Õpilaste antud vastuste põhjal peaks õpetaja hindama õpilaste eelteadmisi, nende Ausubeli taset ja nende suutlikkust kasutada keelt kirjeldamiseks, mida nad on näinud, samal ajal

hinnates väärarusaamade olemasolu. Need väärarvamused tuleb likvideerida klassiruumis toimuvate arutelude abil, mida toetavad sobivad *ad hoc* kavandatud katsed.

e) Eksperimentaalne tee

Sokratese meetodi abil peab õpetaja suunama õpilasi standardküsimustele vastamiseks vajalike katsete loomise poole, mis on kasulik ka vajalike uute mõistete loomiseks ja seaduste ning mudelite avastamiseks. Kõike seda tuleb teha vastavalt õppijate vanusele. See eksperimentaalne rada, mis juhendub eespool esitatud küsimustest, on see, mis määratleb uurimistöö ja seda tuleb võimaluste piires kohandada nii, et see järgiks teadusliku protsessi käigus esinenud ajaloolist trajektoori.

Kogu haridusraja vältel kasutatakse hindamiseks sobivaid eksperimente, et kontrollida õpilastele antud teadmiste kinnistatust. Need harjutused tuleks läbi viia pärast kõige olulisemate või eriti raskete mõistete esitamist.

5. Tegevuse lõplik hindamine

Kindlustamaks, et õppeprotsess on oodatud tulemused andnud, peab õpetaja andma õpilastele seni tundmatu uue katse, mille selgitamiseks on vaja Novaki kaardi kõrgeima taseme kontseptsioone. Õpilased peaksid mitte ainult määratlema mõisteid, vaid ka kohaldama seadusi, mudeleid ja teooriaid (nagu on ette nähtud PISA testis), mis on vajalikud, et teoreetiliselt seletada, miks ja kuidas protsess on toimunud.

Elektrienergia korral võiksid hinnangu andmiseks sobida Franklini kellad, sest selle katse puhul on toimuva selgitamiseks vaja kõiki kontseptsioone. Hindamine seisneb õpilaste uue teadmiste taseme võrdlemises nende esialgse teadmiste tasemega. Püsivaid väärarusaamu ei tohiks esineda.

6. Lõplikud kaalutlused

Aruandesse tuleks lisada kõik õpilaste poolt tegevuse käigus tehtud joonistused, pildid,

joonised ja dokumendid. Kogu graafilise materjaliga peaks kaasas olema vastav kirjeldav tekst.

Iga partner peab saama vanematelt loa laste fotode avaldamiseks.

OSA II

KLASSIRUUMI KOGEMUSTE TULEMUSED JA JÄRELDUSED VASTAVALT ESITATUD ÜLDISELE SKEEMILE

Nagu sissejuhatuses välja toodi, kasutasid meie partnerid koordinaatorite pakutud kogemusi, tuginedes saadud koolitusele, näitamaks, et mis tahes Euroopa Liidu riigist nad tulevad ja sõltumata sotsiaalsetest ja majanduslikest tingimustest, keelest, kultuurist, religioonist, soost jms, on hea teadusliku väljaõppe ja sobivate meetoditega õpetajatel võimalik klassiruumis teadust õpetada alates kõige varasematest haridusetappidest. Õpetaja ülesanne on mõista, millise teadmiste taseme nende õpilased suudavad antud kognitiivses staadiumis saavutada, vastavalt Piaget kirjeldatule.

Kõik need kaalutlused on leitavad juhendist „Teaduslik kirjaoskus koolis: ettepanekuid uueks metoodikaks“ koos soovitustega teadushariduse ühiste kriteeriumide kehtestamiseks, mida saaks Euroopa Liidus kasutada.

Kui partnerite juurde tagasi tulla, siis kõikidest kogemustest saadud tulemused näitavad, et kui lapsed olid tõelised uurijad ja avastasid ise seadusi, mudeleid ja nende kognitiivsete etappidega kohandatud teooriaid, jõudsid nad eksperimentide ja erinevate teede kaudu kõik ühistele järeldustele.

Järeldused, mida klassis kasutamise ja oodatud tulemuste põhjal välja saab tuua on järgmised:

1. Õpetajate suhtumine teadusesse muutus, peegeldades eelneva väljaõppe vajadust.
2. Õpetajad aktsepteerisid ja hindasid projekti alguses saadud teaduskoolitust, mis tutvustas kahte välja pakutud

ainet: „Millest on maailm tehtud?“ ja „Arheoloogia klassiruumis“.

3. Uus positiivne suhtumine mikroskoopilisest perspektiivist maailma nägemisse. Loodust saab õpetada ja avastada, teostades igapäevaeluga seotud väga lihtsaid katseid.
4. Õpetajad on kinnitanud, et neid küsimusi saab klassiruumis käsitleda ja et lapsed suudavad väga hästi luua teaduslikke mudeleid, mis on nende haridustasemele kohandatud.
5. Lapsed kujutavad jooniste kaudu maailma nägemist, eriti selle maailma, mida nad oma silmaga ei näe.
6. On üha olulisem alustada teaduse õpetamisega varases haridusstaadiumis, kuna lapsed kipuvad küsima küsimusi, lahendama probleeme ja uurima kõige kohta, mida nad näevad.
7. Õpetajad täheldasid teadusega kokkupuutumisel laste mõtteprotsessis muutusi. See ei ole enam maagia, vaid teadus.
8. Müüt on purustatud – teadus on lõbus. Kuigi õppimist saab nautida, kasutatakse teaduse õpetamist, et näidata, kuidas mõelda ja lahendada probleeme, teisisõnu tähendab see muutusi meie mõtlemises teadmiste ülesehitamisel.
9. Oleme näinud, et nii poisid kui tüdrukud reageerivad samamoodi ja sama huviga teaduse õppimisele, mis langeb kokku viimaste uuringute tulemustega¹.
10. Õpetajate Ledermanni küsimustike vastustest näeme, et neil on vaja

¹ Gender stereotypes about intellectual ability emerge early and influence children's interests.

Lin Bian, Sarah-Jane Leslie ja Andrei Cimpian. Science 355 (6323), 389–391

omandada sügavam arusaam teadusest, mis põhineb õpetajate enda struktuuril (looduse olemus). Oluline on määratleda teadusliku sisu tuum Euroopa Liidu õppekavas, et õpetada ülikoolis mitte õpetavaid õpetajaid.

Lõpetame selle osa mõtisklusega. Õpetajatel on ühiskonna mõjutamisel privilegeeritud positsioon, sest nende ülesanne on anda kodanikele vajalikke teadmisi ja hoiakuid, et nad suudaksid elada tehnoloogilises ja kõrgelt arenenud ühiskonnas, teisisõnu tagada, et nende õpilased omandaksid teaduskultuuri, nagu Lederman ja Charpak seda kutsuvad. Lisaks, kuna varase astme haridus nõuab perede aktiivset osalemine, jõuavad selle haridustaseme fookus ja selle õpetamise filosoofia peaaegu kõigi Euroopa Liidu kodanikeni. Spetsiifilised teadmised on üles ehitatud mõtteviisile ja väärtustele, mis omandatakse looduslikult vaid noorena, kui õpilasi sotsialiseeritakse.

Raadiosignaaliid saadetakse meie teleritesse, mobiiltelefonidesse ja raadiotesse või ühendavad nad meie seadmeid Bluetoothiga, ultraheli avab ja sulgeb garaažiukse ja aitab meil luua sonogrammi ning röntgenkiirtega näeme enda kehasse. Kõik need on osa õpilaste igapäevaelust juba varases haridusetapis. Selle juhendi eesmärk on aidata lapsi areneda maailmas, mis jääb valdavalt meie meeltest väljapoole.

OSA III

PARTNERITE KORRALDATUD UURINGUD

GIJÓN-ORIENTE ÕPETAJATE JA RESSURSIKESKUS (ASTUURIA, HISPAANIA) ELEKTROSTAATIKA SEADUSTE AVASTAMINE

1. KOORDINAATORI SISSEJUHATUS

Gijóni CPR keskusest valitud näide on Astuurias asuv Grupeeritud maakeskuse (Centro Rural Agrupado või CRA) Eugenia Astur-La Espina uurimus. Uurimistöö viis läbi õpetaja ja nende klass, mis hõlmas erinevas vanuses õpilasi liitklassina.

Pealkirja „Nähtamatud jõud“ all oli õpetaja eesmärk tutvustada lastele elektrostaatika mudelite, seaduste ja teooriate kontseptsioone. Nad alustasid mõtlemapanevast eksperimendist, hõõrudes plastist pliiatsit, pannes selle väikeste paberitükikeste juurde. Sealt asusid nad uurimistekonnale. Selle teemaga seotud muude eksperimentide läbiviimisel juhtis õpetaja lapsi teatud elektrienergia seaduste avastamiseni, kuid alati avastasid lapsed need konstruktivistlikult ja eksperimentide kaudu.

2. UURINGUS KASUTATUD MEETOD

Enne uuringu läbiviimist koostasid õpetajad Novaki kaardi ehk teisisõnu mõistekaardi nähtustest, mida me soovisime selle projekti raames avastada. Kaardi struktuur oli konstruktivistlik ja määratles meie eksperimentaalse teekonna. Töötasime välja juhendi, mis sisaldas uurimisetappe, mille eesmärk oli juhtida õpilased elektrienergia seaduste avastamiseni. See juhend koosnes järgnevalt:

- Juhuslik tähelepanek – huvi äratamine.
- Katsed 1, 2 ja 3.
- Mõitlesime avastatud nähtusele nime.
- Tutvustasime uusi kontseptsioone.
- 4. katse teadmiste kinnistamiseks.
- Uued kontseptsioonid.
- Järeldused.

3. UURIMISPROJEKTI ARENDAMINE: ELEKTROSTAATIKA SEADUSTE AVASTAMINE

Uuringu tegi õpetaja Miguel Ángel Moreno ühe semestri vältel oma klassis 13 lapsest koosneva rühmaga.

3.1. VAHENDID

Kasutatud vahendid: pastapliiatsid, väikesed paberitükid, salvrätikud, kirjaklambrid, nailonpael, õhupallid, karastusjoogi purgid, PVC-pulgad, alumiiniumfoolium, küpsetusvardad.

3.2. PEAMISED VIITED

Kasutatud peamisteks viideteks olid CSIC virtuaalne klassiruum (www.aulavirtual.csic.es), samuti CSIC Koolis veebileht (www.csicenlaescuela.csic.es) ja KIDS.CSIC.es (www.kids.csic.es)).

3.3. UURINGU EESMÄRK

Uuringu eesmärk oli kasutada mudeleid, teooriaid ja seadusi, et tutvustada lastele elektrostaatika seadusi.

3.4. UURINGU ALGUS: MÖTTEAINEST PAKKUVATE KATSETE KIRJELDUSED JA TULEMUSED

Alustasime uuringut eksperimendiga, mis köitis laste tähelepanu ja motiveeris neid. Hõõrusime džemprite vastu pastakat ja panime selle väikeste paberitükikeste lähedale. See on nähtus, millega oleme kõik klassis mänginud, kuid me pole kunagi endalt küsinud, mis toimub. Lapsed andsid erinevaid vastuseid:

— „Ma arvan, et pliiatsi hõõrumine tekitab staatilist elektrit. See ei ole maagia, see on teadus.“

— „Pliiatsi hõõrumine tekitab staatilist elektrit.“

— „Pliiatsi riiete vastu hõõrumine tekitab jõu, mistõttu paberitükikesed jäävad selle külge

kinni.“ (Huvitav on, et see õpilane tõi välja, et tegemist on „jõuga“.)

Kõigil õpilastel oli mingisugune idee staatilisest elektrist, kuid selle jõu olemuse avastamiseks oli vaja teha rohkem uuringuid.

Kasutasime võimalust määratleda, millest katse koosneb: see on protsesside kogum, mis on valmistatud või kavandatud (laboris), et suurendada teadmisi looduslikult esinevate nähtuste selgitamiseks.

Mida me olime varem möödaminnes teinud, oli eksperiment. Nüüd tegime seda teadlikult.

3.5. 1. KATSE KIRJELDUS: MÕTLEMAPANEVA EKSPERIMENDI PÕHJALIKUM UURIMINE

Varem hõõrusime pastakaid kohe riiete vastu. Idee oli nüüd katset korrata, pannes pliats paberitükkide lähedale seda enne hõõrumata. Kirjutasime tulemused märkmikesse üles.

Seejärel hõõrusime pastakat riiete vastu ja panime selle paberitükikeste, paberist salvrätiku, klassikaaslaste juuste jne lähedale. Määratlesime juhtunud ja kirjutasime selle üles.

Kokkuvõtteks märkisime, et selle „jõu“ töötamiseks on vaja pastakat hõõruda. Aga miks?

3.6. 2. KATSE KIRJELDUS: KAS PASTAKAS TÕMBAB TEISI ASJU LIGI?

Selle eksperimendi jaoks sidusime nailonpaela kirjaklambri külge ja pärast pliatsi hõõrumist nägime, et pliats ja klamber liiguvad üksteise suunas. Me märkasime, et juhtub sama asi nagu pliatsi ja väikeste paberitükkidega.

Edasiseks uurimiseks tegime kolmanda katse.

3.7. 3. KATSE KIRJELDUS: ÕHUPALL JA JOOGIPURK

Esiteks võtsime õhku täis õhupalli, mida me ei olnud hõõrunud ja asetaskime selle tühja joogipurgi lähedale. Nägime, et midagi ei juhtunud.

Siis kordasime pastakaga tehtut. Hõõrusime õhupalli ja panime selle purgi lähedale. Purk

hakkas õhupalli poole veerema. Täheldasime, et purk liikus õhupalli suunas.

Kasutasime sama õhupalli, mida olime hõõrunud ja asetaskime selle kirjaklambri lähedale. Täheldasime, et ka see liikus õhupalli suunas.

Pärast kolme katset oli aeg analüüsida, mis oli juhtunud. Küsisime lastelt järgmisi küsimusi:

- *Milliseid erinevusi näete, kui õhupalli hõõruda või mitte?*
- *Kuidas sa nimetaksid fenomeni, mida me nägime?*
- *Milline suhe eksisteerib teie arvates nende nähtuste ja kodudesse tuleva elektri vahel?*

Õpilased andsid erinevaid vastuseid. Lapsed ütlesid õhupalli ja kirjaklambri eksperimendi kohta järgmist:

— „Ma märkas, et õhupall ja kirjaklamber ei jää üksteise külge, kui õhupalli ei hõõruda, kuid kui seda hõõruda, siis nad jäävad. Ma nimetaksin seda „energijõuks“ ja ma arvan, et selle suhe meie kodudesse jõudva elektrienergiaga on see, et on midagi, mis tõmbab meie koju elektrit ligi, täpselt nagu õhupall ja kirjaklamber“.

Teine õpilane ütles:

— „Ma nimetaksin seda „kirjaklambri nähtuseks“ ja ma arvan, et selle suhe minu kodu oleva elektrienergiaga on see, et mõlemas on elektrivool.“

3.8. EELARVAMUSTE LIKVIDEERIMINE

Selgitasime lastele, et kui pärast riide või paberiga hõõrumist suudab objekt väiksemaid esemeid ligi tõmmata (kasutame õiget sõna, mitte „kinni jääma“), siis ütleme, et see on elektrifitseeritud. Seevastu, kui objektile pole seda omadust (see ei tõmba neid ligi), siis ütleme, et see on neutraalne. Sel hetkel oli vaja neid omadusi edasi uurida.

Selleks jätkasime katsete läbiviimist ning hõõrusime teisi objekte (nt puidust pliats, vasktoru jne) ja vaatasime, mis juhtub.

Kohe tekkisid uued küsimused:

- Kas on materjale, mis elektrifitseeruvad hõõrumisel ja teisi, mis seda ei tee?
- Mida „ligi tõmbama“ tähendab?
- Mis on kahe keha vaheline külgetõmme? Kas see on jõud? Kas see on inimsilmale nähtav?
- Kui hõõrume pastakat või õhupalli veelgi tugevamini, kas see tõmbab siis rohkem väikseid paberitükikesi lähemale? Kas purk veereb kiiremini?
- Kas see tähendab, et elektrifitseeritud objekt suurendab enda külgetõmbejõudu?

Laste vastused olid kõigil juhtudel sarnased. Nad kõik nägid selgelt, et mõned objektid elektrifitseerusid hõõrumisel ja teised mitte. Kõik nõustusid, et kahe keha vaheline külgetõmme on jõud. Nad määrasid külgetõmme erineval moel, kuid ühine idee oli, et üks keha läheneb teisele ilma, et nad peaksid kontaktis olema. Kaks viimast küsimust tekitasid kõige rohkem lahkarvamusi.

3.9. UUTE KONTSEPTSIOONIDE TUTVUSTAMINE

Õpilased pidid tunnistama, et materjalide sees peab olema midagi, mis annab teatud objektidele laengu ja teistele mitte.

Pärast eksperimente tutvustasime elektrilaengu mõistet, määratledes selle kui elemendil oleva elektri koguse. Tutvustasime uut suurust – elektrifitseeritud keha poolt teisele neutraalsele kehale mõjuvat jõudu nimetatakse elektrijõuks. Mida rohkem elektrilaengut, seda rohkem elektrijõudu. Jõud on suurus, sest saame seda mõõta.

Lõpetasime teekonna, et vaadata seaduste mõistet, keskendudes Isaac Newtoni avastatud gravitatsiooniseadusele, mis on lihtsalt kirjeldatuna jõud, millega Maa masse külge tõmbab. See on seadus, sest see kehtib alati.

3.10. JÄTKASIME UURIMISTÖÖD, ET SEADUSTENI JÕUDA

Mõned õpilased märkasid, et aja möödudes lõpetas elektrifitseeritud objekt neutraalse keha ligi tõmbamise:

- Mis toimus?
- Miks see toimus?

Mõned vastused olid:

— „Kuna see edastab energia teisele kehale.“

— „Kuna see kaotab elektrilaengu.“

— „Sest elektrilaeng liigub paberitükikestele.“

Selleks, et teada saada, mis toimub, tegime rohkem eksperimente. Seekord panime õhupalli ja pastaka varda peale volditud kahe alumiiniumfooliumist tüki lähedale, nagu fotodel näidatud.



Joonis 1.



Joonis 2.



Joonis 3.



Joonis 4.

Õpilased mõtlesid, kas paberitükikesi tõmbab ligi õhupall või pastakas. Pärast erinevate õhupallide, pastakate ja alumiiniumfooliumist tükkidega katsetamist nägid nad, et alumiiniumfoolium liigub alati eemale.

Selle eksperimentaalse meetodi abil, mida õpilased ise läbi viisid, mõistsid nad, et on veel üks jõud. Nad andsid sellele nime: tõrjumisjõud.

3.11. TEADUSUURINGUTE JÄRELDUSED

Samm-sammult suutsime jõuda järeldustele tänu meie valitud tee:

1. Kui me hõõrume keha, muutub see **elektrifitseerituks** (teisisõnu, sellel on elektrilaeng).
2. Kui paneme elektrifitseeritud keha neutraalse keha lähedale (elektrifitseerimata), ilmub miski, mida nimetame elektriliseks jõuks. See võib olla:
 - **Külgetõmme**
 - **Eemaletõuge**

Lisaks täheldasime, et kehi saab erinevatel viisidel elektrifitseerida:

- **Hõõrudes**
- **Induktsiooniga**
- **Kontaktiga**

Nüüd oli küsimuseks: „Kas kõikidel kehal on elektrilaengud?“ Õpilased vastasid jaatavalt, kommenteerides kogemust, mis meil kõigil on olnud, kui me objekti puudutades oleme särtsu saanud.

Selgitasime lastele, et on olemas kaht liiki laenguid: positiivne ja negatiivne. Tavaliselt on kehad elektriliselt neutraalsed, teisisõnu, neil on sama palju positiivseid ja negatiivseid laenguid. Kui kehal on elektrilaeng, siis peab see olema tingitud sellest, et selle positiivsed laengud ületavad negatiivseid või vastupidi. Kui me keha hõõrume, kaotab see osa enda negatiivsest laengust ja ütleme, et see on positiivse laenguga.

Seevastu, kui keha saab negatiivse laengu, ütleme, et see on negatiivse laenguga.

Uuringu järgmine samm oli meie katseid analüüsida ja mõelda, mis juhtus, kujutades ette aine struktuuri submikroskoopilisest perspektiivist.

Lapsed nägid, et pärast pastaka hõõrumist sai see kas positiivse või negatiivse laengu.

Kuid selleks, et paberit ligi tõmmata või alumiiniumfooliumit eemale tõugata, pidi midagi laengutega toimuma. Nii avastasid nad ise elektriseadused:

- Sama märgiga laengud tõukuvad eemale.
- Vastupidiste märkidega laengud tõmbuvad ligi.

Seega tekivad kehade vahel külgetõmbe- ja õukejõud. Me sõnastasime veelkord seadused:

- Kaks sama märgiga elektrifitseeritud keha tõukavad üksteist eemale (alumiiniumfoolium).
- Kaks erineva märgiga elektrifitseeritud keha tõmbuvad üksteist ligi (paberitükid ja pliiats).

KEDAINIU LOPSELIS-DARZELIS „ZILVITIS“ (KEDAINIAI, LEEDU) AURUSTUMINE JA KONDENSEERUMINE: VEERINGE

1. KOORDINAATORI SISSEJUHATUS

Leedu lasteaia läbi viidud uurimisprojekt vastas küsimusele, mida õpilased veeringe kohta avastasid kuni vee molekulaarse mudelini välja. Uurimisteeskond oli konstruktivistlik, kus lapsed võtsid juhtiva rolli.

Tänu sobivale väljaõppele suutsid õpilastega katseid läbi viinud õpetajad juhtida neid aurustumise ja kondenseerumise avastamise suunas. Nad alustasid lihtsa ja huvitekitava eksperimendiga, vaadeldes vihmasel päeval moodustunud lompel. See aitas kaasa vee molekuli kontseptsiooni kasutuselevõtmisele, samal ajal tutvustades loodusnähtust ja vastates küsimusele: „Miks vihma sajab?“. Tegelikult ei küsi teadus „Miks?“, vaid pigem „Kuidas?“, nii et kui õpilased avastavad veeringe, avastavad nad tegelikult, kuidas vihm tekib.

2. PROJEKTIS KASUTATUD ÜHTNE METOODIKA

Enne uurimisteeskonna alustamist koostasid õpetajad vaadeldavate nähtuste kohta mõistekaardi. Sellel kaardil on konstruktivistlik struktuur ja see näitab erinevate mõistete tutvustamiseks vajalikku katseteed (vastavalt laste kognitiivsetele arenguetappidele, Piaget'ist lähtuvalt).

Arendatud mõistekaart koosnes järgmisest (järjekorras):

1. Spetsiifilised omadused, mis eristavad vedelikke tahketest ainetest.
2. Vee erilised omadused.
3. Materjali olekud: tahke, vedel ja gaasiline.
4. Vee oleku muutused: aurustumine ja kondenseerumine.
5. Vesi koosneb molekulidest (makroskoopilisest maailmast mikroskoopilisse liikumise).
6. Veeringe.

3. UURIMISPROJEKTI

„AURUSTUMINE JA KONDENSEERUMINE – VEERINGE“ ARENDAMINE

3.1. 1. TEGEVUSE KIRJELDUS: MIS TOIMUB LOMBIS?

Mis toimub lombis?

Uurimisprojekt kestis kaks päeva ja üks lasteaiaõpetaja korraldas tegevused. Kokku osales projektis 16 loovat ja entusiastlikku last vanuses 5–6 aastat.

Nad pakkusid järk-järgult üha kujutlusvõimelisemaid ideid selle kohta, kuidas ülesandeid täita, asju teha või pikaajalisi või abstraktsemaid väljakutseid lahendada. Lastele meeldis mitmesugustest uutest kogemustest osa saada.

Projekti käigus kasutatud vahendid olid järgmised:

- Kriit
- Mõõdulint
- <http://www.kidzone.ws/water/bactivity1.htm>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=FAAnDIYRycqs>
- https://www.youtube.com/watch?v=_TwKDuoZJC4
- <https://www.youtube.com/watch?v=Vm6HthxtzPw>

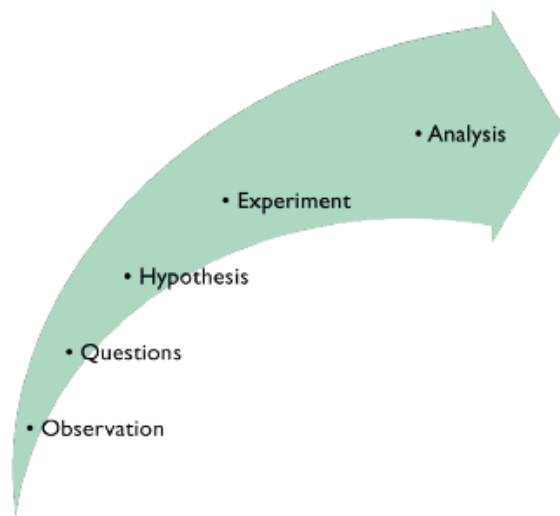
Tegevuse eesmärk

Eksperimentaalset teed järgides algas uurimisprojekt loodust vaatleva teema kohta huvitekitava katsega. Idee oli avastada, kas ja kuidas vesi lombist aurustub ja juhatada lapsi aurustumise idee poole.

Uurimistöö arendamine ja väljatöötamine

Uurimisprojekti läbiviimiseks kasutasime teaduslikke meetodeid, milleks olid vaatlus, küsimuste esitamine, hüpotees, eksperimenteerimine ja analüüs. Järeldused tehti pärast uuringu lõpetamist.

Hommikul läksid lapsed välja, kus oli palju lomppe. Osad lapsed kandsid kummikuid, nii et neile meeldis lompides ringi joosta ja pritsida. Nad märkasid lompide erinevaid suuruseid.



Joonis 1. Tegevuste etapid. (Vaatlus -> küsimused -> hüpotees -> katse -> analüüs).

Lapsed mäletasid, et ka eelmisel päeval olid samuti väljas lombid, kuid need olid suuremad olnud. Tekkis rohkem küsimusi (joonis 2).

Õpetaja kasutas sokraatilist meetodit ja küsis dialoogi vormis lastelt mõned küsimused:

- *Mis juhtub niiske pesuga?*
- *Kui su kingad saavad märjaks, siis mida sa teed?*
- *Kuhu sa paned enda vihmavarju, kui see märg on?*

Nad tahtsid väga teada saada, kuhu vesi lombist kaob ja kui palju see aega võtab. Vastuste väljaselgitamiseks alustasime katsega. Kõigepealt kasutasime kriiti, et joonistada lombi ümber joon. Lapsed võtsid mõõdulindi, mõõtsid lombi pikkuse ja kirjutasid arvud üles.



Joonis 2. Tekkis rohkem küsimusi.

Pärastlõunal mõõtsid lapsed lomppe uuesti. Me võrdlesime mõõtte ja leidsime, et pärastlõunaks oli lomp väiksemaks muutunud.

Lapsed mängisid numbrimängu ja hüppasid üle lombi. Kõik nõustasid, et pärastlõunal oli lombist kergem üle hüppata, sest see oli väiksem. Kui läksime rühmaruumi tagasi, arutlesime vee aurustumise teemal. Vaatasime lugu väikesest vihmapiisast, meenutasime varasematest tundidest veeringe materjali ja lõpuks kujutasid lapsed kõike enda joonistustes. Arutelude ja näidete kaudu andsid lapsed ise õigeid vastuseid: „*Kui miski on märg, peame selle ära kuivatama ja vesi kaob tagasi õhku, mis tähendab, et see aurustub.*“

Nad mõistsid, et vesi aurustub. Kaks päeva hiljem läksid lapsed välja ja nägid, et lomp oli kadunud ja näha oli vaid märga maapinda.

Tegevuse lõplik hindamine

Lapsed kasutasid oma sõnu, et selgitada, mis juhtub, kui vesi lombist eemaldub. Nad mõistsid, et Maa veeringes on aurustamine oluline. Vesi langeb taevast vihma kujul (või kui on külm, siis lörtsi, rahe või lumena). Soojenedes aurustub

vesi tagasi õhku, kuigi me teame, et vesi aurustub kogu aeg (joonis 3).



Joonis 3. Joonistused.

3.2. 2. TEGEVUSE KIRJELDUS: Kuhu on LÄINUD RIETEST KADUNUD VESI?

Tegemist on eelmise tegevuse jätkamisega avastuste kinnistamiseks. Uurimisprojekt kestis kaks päeva ja kaks lasteaiaõpetajat korraldasid tegevusi. Projektis osales kaksikümme energilist, jutukat ja uudishimulikku last vanuses 4–5 aastat, neist 11 tüdrukud ja 9 poisid. Nad kontrollivad pidevalt oma keskkonda. Nad õpivad uute asjade kohta läbi mängude ja mängimise ajal.

Projekti käigus kasutatud vahendid olid järgmised:

- Kausid
- Vesi
- Nukud
- Riided
- Köis
- <https://www.youtube.com/watch?v=Y9uOLkivcfw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=TWb4KIM2vts>

- <https://www.delfi.lt/video/laidos/animacija/animacinis-filmas-vandens-lasas.d?id=62473607>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>

Uurimisprojekti eesmärk

Uus aurustumisega seotud tegevus toimus eelmises tegevuses omandatud teadmiste kinnistamiseks. Jälle kasutati igapäevast nähtust – kuidas pesu kuivab –, uurimaks, kuidas vesi aurustub.

Uurimistöö arendamine ja väljatöötamine

Pärast lompide uurimist oli lastel huvi juba tärnanud. Õpetaja võttis plastkile ja palus lastel pipetiga sellele veetilku lisada. Seejärel pandi tilkadega kile aknalauale. Õpetaja esitas küsimused:

- Mis juhtub tilkadega?
- Miks valisime aknalaua?

Uudishimulikud lapsed pakkusid vastuseid.

Väärarusaamade avastamine

Mitmed lapsed selgitasid, et tilgad jäävad ja moodustavad lombi, teised arvasid, et ei juutu midagi, ning mõned väitsid, et tilgad põgenevad. Õpetaja ütles neile, et nad näevad tulemust tunni aja pärast. Siis istusid lapsed ringi ja kuulasid juttu vihmapiiskade teekonnast. Pärast seda mängisid lapsed mängu „Me oleme väikesed tilgad“ ja seejärel valisid nukkudele riided.

Tegevuste etapid

Õpetaja ja lapsed valasid kaussidesse sooja vett. Siis võtsid lapsed nukkudel riided seljast ära ja pesid neid.

Nad loputasid riided puhta veega ja proovisid neid täiskasvanu abiga välja väänata. Osa riideid pandi pesuruumi rippuma ja mõned kleidid ja rätik viidi välja nõörile.

Pärastlõunal kontrollisid lapsed riideid, mis olid tuppäri riputatud.



Joonis 4. Riiete pesemine.

Riided olid ikka märjad. Lapsed selgitasid:

- Päikest ei ole.
- Nad olid külmad.
- Siin pole kuum.
- Tuult polnud.
- Pilvi ei olnud.

Nii otsustasime riided välja viia. Oli päikeseline päev.

Laste vastused olid väga olulised. Vaatasime väljas kuivanud pesu ja see oli kuiv. Lapsed ütlesid:

- Päike soojendas pesu ja vesi aurustus.
- Tuul puhus vee välja.
- Nüüd elab vesi pilves.
- Ma ei näinud, kuidas vesi aurustus.
- Aur on nähtamatu.

Tegevuse lõplik hindamine

Lapsed selgitasid:

- Vesi võib olla gaasilises olekus ja see on nähtamatu. Vesi aurustub.

Lapsed tegid järgmised järeldused:

- Aur on õhus.
- Aur tekib, kui temperatuur tõuseb
- Aur on nähtamatu.

Järgmine samm oli aidata lastel mõista, et ka siseruumides olev pesu kuivab, kuid see protsess võtab rohkem aega, sest klassiruumis pole päikest. Soojus kiirendab aurustumist, kuid vesi aurustub pidevalt.

3.3. 3. TEGEVUSE KIRJELDUS: MOLEKULIDE AVASTAMINE

Uurimisprojekt kestis kaks päeva. Tegevusi viisid läbi kaks lasteaiaõpetajat. Kokku osales projektis 34 loovat ja entusiastlikku last vanuses 4–6 aastat. Need lapsed on kujutlusvõimelised, uudishimulikud ja tahavad suure innuga leida vastuseid enda küsimustele. Lastele meeldis mitmesugustest uutest kogemustest osa saada.

Projekti käigus kasutatud vahendid olid järgmised:

- Pliiatsid
- Ühekordsed klaasid
- Paber
- Vesi
- <https://www.youtube.com/watch?v=FFbJ8REc9jo>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>

Uurimisprojekti eesmärk

Pärast seda, kui avastati, et vesi aurustub ja soojus kiirendab seda protsessi, oli uuringu järgmine etapp avastada vee olemus ja jõuda molekuli kontseptsioonini.

Uurimistöö arendamine ja väljatöötamine

Alustasime uuringut hommikul vara. Läksime välja ja jälgisime katuselt tilkuvaid vihmatilku. Lapsed võtsid klaasid ja hakkasid katuselt kukkuvaid piisku enda klaasidesse koguma.

Klaasid olid läbipaistvad ja seega ei olnud keeruline vihmapiisku lugeda ja jälgida.

Hiljem mõõtsime, kelle klaasis oli kõige rohkem vett ja leidsime, et Arnas oli võitnud. Õpetajad rääkisid õpilastele, et vesi koosneb väga väikestest osakestest. Need on silmaga nägemiseks liiga väikesed ja neid kutsutakse molekulideks. Sel moel astusime makroskoopiliset maailmast mikroskoopilisse.

Õpetajad ütlesid lastele, et need veetilgad tähendasid, et nende klaasides on palju molekule.

Kui läksime tagasi klassi, kujutasid lapsed vihmatilku enda joonistustes. Nad tegid elavaid värvilisi vihmapiisku ja lisasid käed ja jalad. Koostasime näituse.

Klassis tutvustasime, kuidas molekulid tilkade sees liiguvad. Õpetaja selgitas, et molekulid ühinevad vees, kuid aurustumise käigus eralduvad nad üksteisest.

Lapsed tegid paberist keebid, kujutasid ette, et nad on molekulid, ja mängisid mängu nimega „Sõprus“.



Joonis 5. Lapsed mängisid mängu nimega „Sõprus“.

Tegevuse lõplik hindamine

Uuringuteema oli lastele üsna keeruline, kuna termin „molekul“ oli neile uus. Püüdsime leida tähenduse ja selgitada nii, et lapsed sellest aru saaksid. Lapsed mõistsid, et molekulid oli võimatu näha, kuid kõik ütlesid, et need eksisteerisid nende vihmapiiskadega täidetud klaasides. Üks poiss selgitas, et veetilgad liituvad ja nii suureneb vee molekulide arv. Lapsed nõustasid, et on olemas maailm, mida nad ei näe, kuid mis on siiski olemas.

3.4. 4. TEGEVUSE KIRJELDUS: VEE KONDENSEERUMINE

Uurimisprojekt kestis kaks tundi. Tegevusi viisid läbi kaks lasteaiaõpetajat. Projektis osales 35 energilist ja rõõmsat 4–6 aastast last. Neid huvitab kõik, mis on uus, nad on loomingulised ja entusiastlikud. Nad pakuvad häid ideid, kuidas täita ülesandeid. Lastele meeldis mitmesugustest uutest kogemustest osa saada.

Projekti käigus kasutatud vahendid olid järgmised:

- Jahutatud joogipurk
- Klaas
- Vesi
- <https://www.youtube.com/watch?v=UbgGbYVx-E>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>

Uurimisprojekti eesmärk

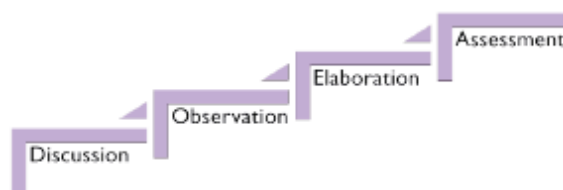
Kui lapsed on avastanud aurustumise ja kontseptsiooni, et vesi koosneb molekulidest, võib neid juhtida avastama veel ühte veeringe osaks olevat olulist nähtust – kondenseerumist.

Uurimistöö arendamine ja väljatöötamine

Õpetajatel oli lastega arutelu. Nad küsisid järgmisi küsimusi:

- Mis on eksperiment?
- Miks inimesed teevad eksperimente?
- Kus me saame eksperimenti teha?
- Miks meil eksperimente vaja on?

Lapsed olid väga uudishimulikud ja andsid küsimustele erinevaid vastuseid.



Joonis 6. Uuringu etapid. (Arutlus, vaatlus, materjali töötlemine, hindamine).

Eksperimentaalne teekond, väärarusaamade avastamine

Tegime katse külmkapis hoitud purgiga. Võtsime purgi külmikust ja panime selle lauale. Lapsed jälgisid seda. Varsti märkasid nad purgil veetilku.

Õpetajad esitasid küsimuse:

- Kust see vesi tuli?

Kuna lapsed olid töötanud aurustumisprotsessiga ja faktiga, et vesi koosneb molekulidest, vastasid nad, et õhus olevad molekulid olid purgi külge kinnitunud ja piisad moodustanud.



Joonis 7. Vee kondenseerumise jälgimine.

Õpetaja andis sellele protsessile nime: kondenseerumine.

1. Kujutasime kondensatsiooni protsessi joonistustega.
2. Võtsime klaasi, panime väikesed jäätükid sinna sisse ja valasime külma vee peale. Klaasi välisküljele ilmusid veetilgad. Külma klaasi ümbritsevat õhku ja veeauru kondenseerus õhust, moodustades veepiisad. Mängisime mängu „Soe-külm“.

Tegevuse lõplik hindamine

Lapsed õppisid, et aur muutub veetilkadeks. Alguses oli lastel väärarusaamade tõttu natuke raskusi aurustumise ja kondenseerumise tähenduse mõistmisega, kuid eksperimendid aitasid neil mõistetest aru saada. Mängisime mängu „Aur ja piisad“.



Joonis 8. Vee kondenseerumise joonistamine.

3.5. 5. TEGEVUSE KIRJELDUS: KUST VESI TULEB?

Uurimisprojekt kestis kolm päeva. Tegevusi viisid läbi kaks lasteaiaõpetajat. Kokku osales projektis 38 loovat ja entusiastlikku last vanuses 4–6 aastat. Need lapsed on reeglitest teadlikud ja selgitavad neid teistele. Lastele meeldivad käelised tegevused. Nad on võimelised töötama kahest kuni viiest lapsest koosnevates rühmades.

Projekti käigus kasutatud vahendid olid järgmised:

- <http://www.imandra.lt/project/zydrojo-laselio-kelione-i-zeme/>
- Raamat „Žydrojo lašelio kelionė“
- <http://eilerastukaivaikams.blogspot.lt/2014/11/pasaka-apie-debeseli.html>
- <https://www.youtube.com/watch?v=fK CXU8P6aaQ>
- <http://www.kidzone.ws/water/bactivity1.htm>
- <https://www.youtube.com/watch?v=T Wb4KIM2vts>
- <https://www.aulavirtual.csic.es/>
- <http://www.csicenlaescuela.csic.es/>
- Purk
- Keev vesi
- Taldrik
- Läbipaistev kilekott
- Viltpliatsid
- Jääkuubikud

Uurimisprojekti eesmärk

Kuna olime eelnevates katsetes konstruktivistliku tee valinud, viisime mudeli loodusse, et mõista, kuidas veeringe tekib ja kuidas aurustumine, kondensatsioon ja sademed on selle olulised osad.

Uurimistöö arendamine ja väljatöötamine

Peamised etapid ja väärarusaamade avastamine:

- Arutlus: õpetajad alustasid lastega vestlust, et teada saada, mida nad veeringest teadsid.
- Õpetaja luges ette loo „Tilga teekond“ ja lühikese luuletuse „Pilv“. Lapsed olid tegevusest huvitatud ja õpetaja kutsus neid mängu mängima.



Joonised 9 ja 10. Katse „Kuidas teha vihma“.

- Kuna lapsed olid juba aurustumise ja kondenseerumisega tegelenud, oli neil selge ettekujutus looduses toimuvast.

Eksperimenta

Tegime eksperimendi nimega „Kuidas teha vihma“. Lapsed võtsid sooja veega täidetud purgi, panid taldriku purgi peale ja asetasi sellele jääkuubikuid. Tähele dasime veetilkade moodustumist. Lapsed võtsid viltpliatsid ja

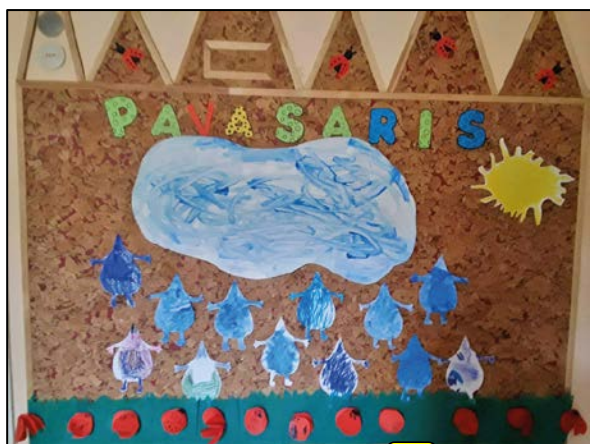
joonistasid läbipaistvatele kottidele päikese, pilved ja vee. Valasime koti sisse värvilist vett. Järgmisel päeval oli meil võimalus protsessi jälgida.



Joonis 11. Veeringe joonistused.

Tegevuse lõplik hindamine

- Lapsed tegid eksperimente aktiivselt tegevustes kaasa lüües. Nad mõistsid aurustumise ja kondenseerumise protsessi. Kui õpetaja esitas samu arutelu küsimusi tegevuste lõpus, sai ta rohkem vastuseid ja lapsed oskasid aurustumise ja kondenseerumise protsessi kergemini selgitada.
- Vesi aurustub pidevalt, kuid protsess kiireneb päikesepaistega.
- Veemolekulid aurustuvad ja lähevad õhku. Molekulid ühinevad ja moodustavad tilgad, mis muutuvad pilvedeks.
- Pilvedes on külm ja kui tilgad on liiga suured, langeb aur vihma või lumena alla.
- Sademed imenduvad maapinda ja voolavad tagasi jõgedesse ja meredesse.
- Veeringe kipub korduma.



Joonis 12. Veeringe joonistused.



KPCEN (BYDGOSZCZ, POOLA), CSIC KOOLIS (HISPAANIA). MILLEST ON MAAILM TEHTUD?

1. SISSEJUHATUS

See materjal on suunatud nooremate laste õpetajatele teaduse õpetamise läbiviimiseks klassiruumis.

Projekt „Millest on maailm tehtud?“ on suunatud lastele, et teha mentaalseid esitusi loodusliku maailma osas, mida meie silmad ei näe (näiteks jõu mõiste). Vesi on lastele väga lähedane aine. Lapsed avastavad vee omadusi ja teiste materjalide käitumisi katsetades ja konstruktivistlikku lähenemist järgides.

Märkus õpetajatele: neid tegevusi peavad tegema lapsed. Protsessi lõpus peavad lapsed vihikusse joonistades omandatud teadmisi kujutama. Isegi kui nad ei oska neid samme joonistada, suudavad nad kindlasti oma mõtteid kujutada. On väga oluline teada, kas nad on saanud vee käitumise kohta teadmisi. Nende arusaamades peaksid toimuma muutused ja edusammud seoses maailma tajumisega.

2. KATSED

2.1. 1. KATSE VESI

EESMÄRK

Kohesiooni- ja adhesioonijõudude avastamine ja kontseptualiseerimine.



ETTEVALMISTUS

Vajalikud vahendid: klaas veega.

ÜLESANNE	
Vee kahe sõrme vahel hoidmine	
UURIMISKÜSIMUSED	
– Mida sa märkad? – Kas me saame sõrmega vett hoida? – Miks jääb vesi sõrmede vahele mitte ei kuku maha? – Kas vees on jõudu?	
TÄHELEPANEK	
Vesi jääb sõrmede külge.	
SELGITUS	
Vesi moodustab tilga, mis ei jagune väiksemateks tilkadeks. Vee ja sõrme vahel peavad olema jõud. Lisaks peavad tilgas olema jõud.	



2.2. 2. KATSE: VESI JA PLASTKAART

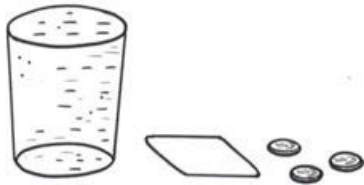
EESMÄRK

Mõelda adhesioonijõudude suurusele, võrreldes seda müntide kaaluga (müntide arvuga).

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Ääreni veega täidetud klaas.
- Kasutatud plastkaart, nt pangakaart.

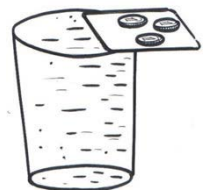


Joonis 1.

- Mõned sama suurusega mündid, nt ühesendised mündid.

ÜLESANNE

1. **Pange kaart veega täielikult täidetud klaasi peale, nagu joonisel näidatud.**
2. **Pange kaardile münt. Seejärel lisage kaardile münte ükshaaval edasi.**



UURIMISKÜSIMUSED

- Mida sa märkad?
- Miks jääb kaart vee külge?
- Mis paneb kaardi vee külge kinni jääma?
- Kui tugevalt jääb kaart vee külge kinni?

TÄHELEPANEK

SELGITUS

On adhesiooni- ja kohesioonijõud:

- ADHESIOON – jõud vee ja kaardi vahel. (Ühte liiki materjal ja teist liiki materjal).
- KOHESIOON – jõud tilga (või vee) sees, mis hoiavad tilka (või vett) moodustavat vett.

2.3 3. KATSE: VESI JA MÜNT

EESMÄRK

Hinnata kohesiooni- ja adhesioonijõude.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Pipett
- Münt
- Vesi



Joonis 2.

ÜLESANNE	
<i>Asetage pipetiga mündile veetilku.</i>	
UURIMISKÜSIMUSED	
– Mida sa märkad? – Mitu veetilka mahub mündile? – Kas vee ja mündi vahel on mingeid jõude?	
TÄHELEPANEK	
SELGITUS	
• Vee ja mündi vahel mõjub jõud, mida nimetatakse adhesiooniks. (Sarnaselt katsega 1 (tilga ja sõrme vahel) ja katsega 2 (vee ja kaardi vahel)). • Vesi „kleepub“ teiste asjade külge.	

2.3.A KATSE 4.A: VEETILGAST ELEKTRINI

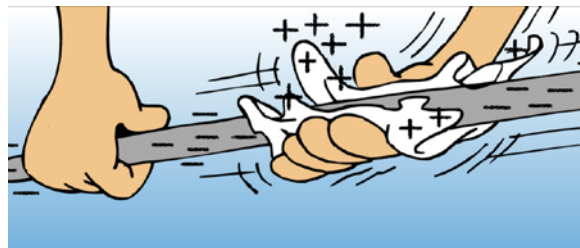
EESMÄRK

Avastada sellist tüüpi jõudude olemus.

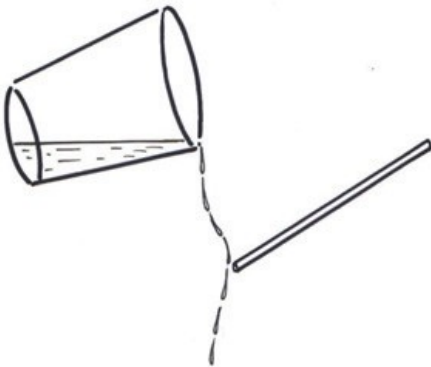
ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Klaas veega
- Plastpulk
- Riidetükk



Joonis 2.

ÜLESANNE		
1. Hõõruge plastpulka riidetükiga.		
2. Valage vett õrna veejoana elektrifitseeritud plastpulga kõrval.		
UURIMISKÜSIMUSED		
– Mida sa näed? – Miks läheb voolav vesi pulgale lähemale?		
TÄHELEPANEK		
SELGITUS		
• Pulk on elektrifitseeritud. • Vee ja elektrifitseeritud pulga vahel mõjub jõud. • See jõud tõmbab ligi.		

2.4.A KATSE 4.B: VEETILGAST ELEKTRINI

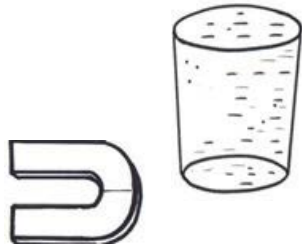
EESMÄRK

Avastada sellist tüüpi jõudude olemus.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Klaas veega
- Magnet



Joonis 2.

ÜLESANNE	
Valage vett õrna veejoana magneti kõrval.	
UURIMISKÜSIMUSED	
– Mida sa näed? – Miks läheb voolav vesi magnetile lähemale?	
TÄHELEPANEK	
SELGITUS	
• Magnet ei mõjuta vett.	

2.5.A KATSE 5.A: VEETILGAST ELEKTRINI

EESMÄRK

Elektriliste jõudude tutvustamine.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

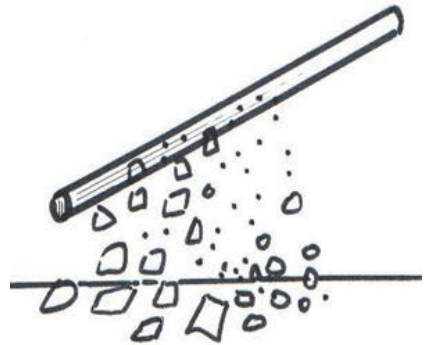
- Pabertükid
- Plastpulk



Joonis 1.



ÜLESANNE	
1.	<i>Hõõruge plastpulka riidetükiga.</i>
2.	<i>Pane pulk väikeste paberitükikeste lähedusse.</i>
UURIMISKÜSIMUSED	
– Mida sa märkad? – Kas elektrifitseeritud pulga ja paberitükkide vahel on mingeid jõude?	
TÄHELEPANEK	
SELGITUS	
• Laenguga/elektrifitseeritud pulga ja paberitükkide vahel on jõud. • Elekter.	



2.5.B KATSE 5.B: MAGNET JA PABER

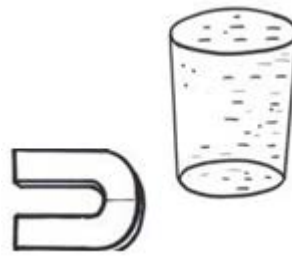
EESMÄRK

Elektriliste jõudude tutvustamine.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Paberitükid
- Magnet



ÜLESANNE	
<i>Pange magnet väikeste paberitükikeste lähedusse.</i>	
UURIMISKÜSIMUSED	
– Mida sa märkad? – Kas magneti ja paberitükkide vahel on mingeid jõude?	
TÄHELEPANEK	
SELGITUS	
• Midagi ei juhtu, sest antud juhul ei saa magnetvälja jõudusid kasutada.	

2.6.A KATSE 6.A: ELEKTRIFITSEERITUD PLASTIKKÖRRED

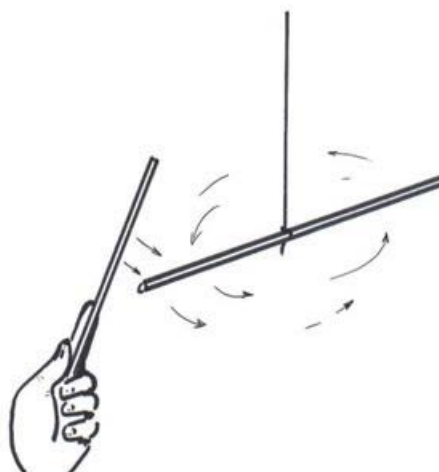
EESMÄRK

Avastada elektrienergia seadused.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Plastikkõrred
- Tükk puhast paberrätikut või salvrätikut
- Peenike nõör
- Marker



ÜLESANNE

1. *Siduge kõrre keskosa ümber peenike nõör, nagu joonisel näidatud. Märgistage kõrre ots markeriga.*
2. *Hõõruge teist kõrt puhta paberrätiku või salvrätiga.*
3. *Tooge see kõrs nõõri küljes rippuva kõrre lähedale.*
4. *Hõõruge kõrre märgistatud poolt teise paberrätiku või salvrätikuga.*
5. *Hõõruge teist kõrt uue salvrätikuga.*

UURIMISKÜSIMUSED

- Mida sa näed?
- Miks kaks sarnast kõrt üksteist mõjutavad?

TÄHELEPANEK

Kaks sarnast plastkõrt tõmbavad üksteist ligi või tõukavad teineteist eemale.

SELGITUS

- Pulk on elektrifitseeritud.
- Vee ja elektrifitseeritud pulga vahel mõjub jõud.
- See jõud tõmbab ligi.

2.6.B KATSE 6.B: ELEKTRIFITSEERITUD PLASTIKKÖRRED

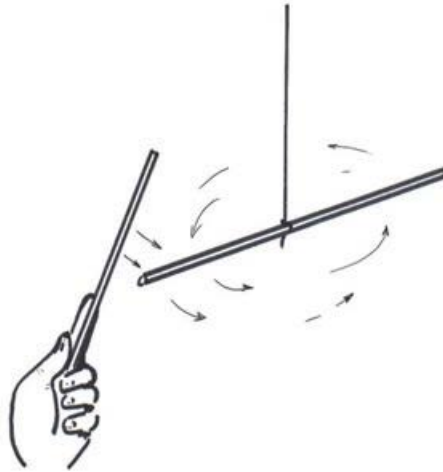
EESMÄRK

Avastada elektrienergia seadused.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Plastikkörs
- Tükk puhast paberrätikut või salvrätikut
- Peenike nõör



ÜLESANNE	
1.	<i>Siduge kõrre keskosa ümber peenike nõör, nagu joonisel näidatud. Märgistage kõrre ots markeriga.</i>
2.	<i>Viige puhas tükk majapidamispaberit rippuva kõrre juurde.</i>
UURIMISKÜSIMUSED	
–	<i>Mida sa näed?</i>
–	<i>Kas majapidamispaberi ja kõrre vahel on jõude?</i>
TÄHELEPANEK	
SELGITUS	
Rippuva kõrre lähedal asuv majapidamispaber tekitab külgetõmbejõu (vastupidiselt sellele, kui kaks hõõrutud kõrt on üksteise lähedal).	

2.7.A KATSE 7.A: PLASTPULK JA SEEBIMULLID

EESMÄRK

Veenduda, et vesi on tundlik või reageerib elektrilisele jõule.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Nõudepesuvahendiga vesi
- Plastpulk
- Riidetükk
- Mullitaja



ÜLESANNE	
1.	<i>Tehke laud nõudepesuvahendit sisaldava veega märjaks.</i>
2.	<i>Tehke lauale mõned seebimullid.</i>
3.	<i>Hõõruge plastpulka riidetükiga.</i>
4.	<i>Pange pulk väikeste seebimullide lähedusse.</i>
UURIMISKÜSIMUSED	
– Mida sa näed? – Kas elektrifitseeritud/hõõrutud pulga ja seebimullide vahel on mingeid jõude?	
TÄHELEPANEK	
SELGITUS	
• Elektrifitseeritud pulga ja seebimullide vahel on jõud. • See jõud tõmbab ligi.	

2.7.B KATSE 7.B: MAGNET JA SEEBIMULLID

EESMÄRK

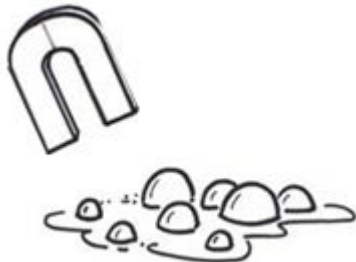
Veenduda, et vesi on tundlik või reageerib magnetilisele jõule.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Nõudepesuvedelikuga vesi
- Magnet
- Mullitaja



ÜLESANNE		
<i>Tehke laud nõudepesuvahendit sisaldava veega märjaks.</i> <i>Tehke lauale mõned seebimullid.</i> <i>Pange magnet väikeste seebimullide lähedusse.</i>		
UURIMISKÜSIMUSED		
– <i>Mida sa näed?</i> – <i>Kas magneti ja seebimullide vahel on mingeid jõude?</i>		
TÄHELEPANEK		
SELGITUS		
Midagi ei juhtu, sest antud juhul ei saa magnetvälja jõudusid kasutada.		

2.8 KATSE 8: KATSE PLASTPULK JA METALLPURK

EESMÄRK

Uurida teiste materjalide (peale vee) käitumist elektrifitseeritud keha läheduses

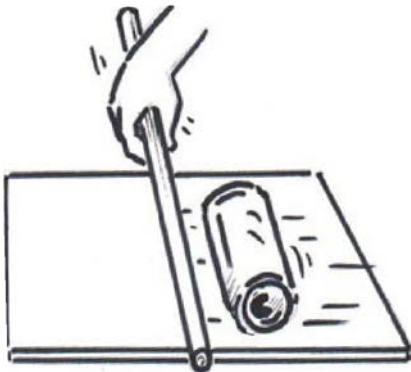
ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Tühi metallpurk
- Plastpulk
- Riidetükk



Joonis 1.

ÜLESANNE		
1. Hõõruge plastpulka riidetükiga.		
2. Tooge pulk metallpurgi lähedale.		
UURIMISKÜSIMUSED		
– Mida sa näed? – Kas elektrifitseeritud pulga ja metallpurgi vahel on mingeid jõude?		
TÄHELEPANEK		
Purk liigub, veereb.		
SELGITUS		
• Elektrifitseeritud pulga ja metallpurgi vahel on jõud. • See jõud tõmbab ligi.		

2.9 9. KATSE: ELEKTRIFITSEERITUD ÕHUPALLID

EESMÄRK

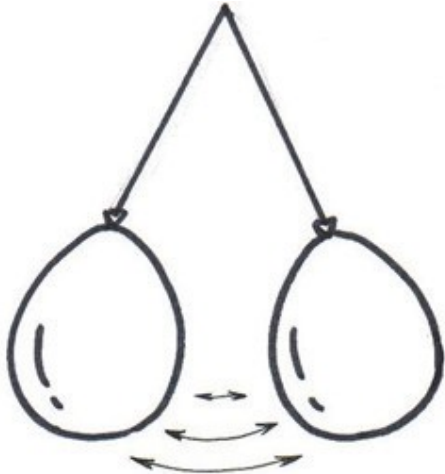
Uurida elektrifitseeritud kehade vahelisi jõude.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Peenike nõör
- Tükk puhast paberrätikut või salvrätikut
- Kaks õhupalli



ÜLESANNE		
1. Puhuge kaks õhupalli täis. 2. Hoidke õhupalle peenikese nõõriga, nagu joonisel näidatud. 3. Hõõruge ühte õhupalli majapidamispaberi, paberist salvrätiku või lihtsalt käega. 4. Tooge õhupallid üksteise lähedale.		
UURIMISKÜSIMUSED		
– Mida sa näed? – Miks kaks sarnast õhupalli üksteist mõjutavad?		
TÄHELEPANEK		
Õhupallid tõmbavad üksteist ligi või tõukavad teineteist eemale.		
SELGITUS		
• Õhupallide vahel on jõud. • See jõud tõukab eemale. • Iga hõõrutud õhupalli ja käe (majapidamispaberi, salvrätiku) vahel tekib külgetõmbejõud.		

2.10 10. KATSE: LIIKUVAD OBJEKTID

EESMÄRK

Uurida jõude elektrifitseeritud kehade ja mitteelektrifitseeritud kehade (laenguta keha / neutraalne keha) vahel.

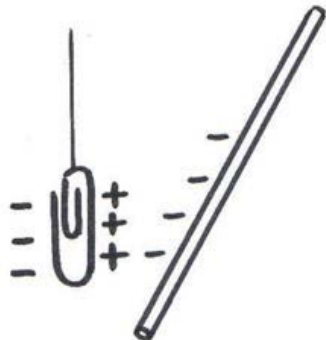
ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Kõõgirätik või salvrätik
- Plastpulk

- Metallist kirjaklamber nõõri otsas



ÜLESANNE		
1. Hõõruge plastpulka majapidamispaberi või paberist salvrätikuga.		
2. Tooge pulk nõõri küljes rippuva kirjaklambri lähedale.		
UURIMISKÜSIMUSED		
– Mida sa märkad? – Miks kirjaklamber liigub?		
TÄHELEPANEK		
SELGITUS		
• Kirjaklamber on tehtud metallist ja on neutraalne. Kui hõõrutud plastpulk (negatiivne) viia neutraalse kirjaklambri lähedale, „põgenevad“ metalli elektronid klambri teisele poolele (ja ilmub külgetõmbejõud). • Põhjuseks on see, et metallis olevad elektronid (negatiivsed laengud) liiguvad selle sees vabalt ringi.		

2.11 11. KATSE: JOOGIPURK, KIRJAKLAMBER JA PLASTPULK

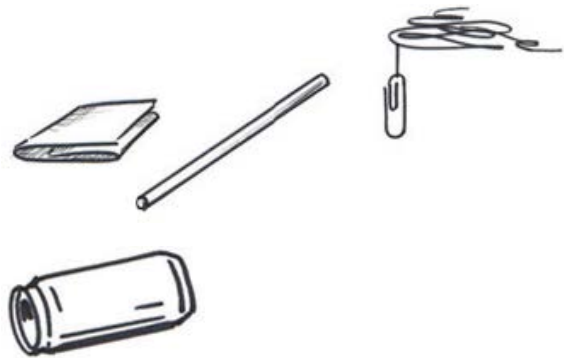
EESMÄRK

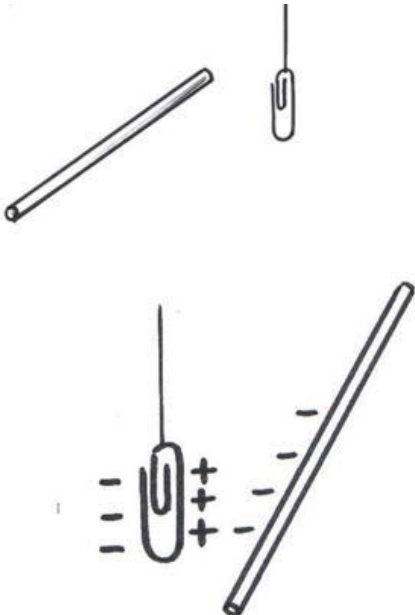
Selgitada elektrifitseeritud objekti ja neutraalse/laenguta objekti vahelist külgetõmmet.

ETTEVALMISTUS

Vajalikud materjalid:

- Riidetükk
- Plastpulk
- Nööri otsas olev kirjaklamber
- Tühi metallpurk



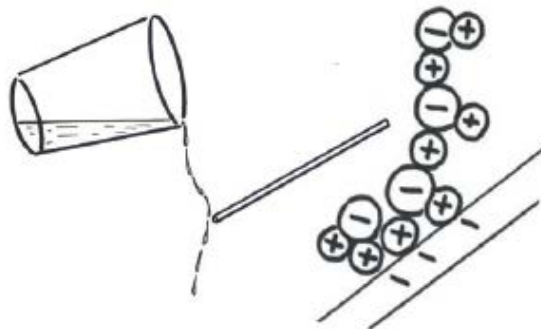
ÜLESANNE		
1. Hõõruge pulka riidetükiga.		
2. Tooge pulk nööri küljes rippuva kirjaklambri lähedale.		
3. Tooge plastpulk metallpurgi lähedale.		
UURIMISKÜSIMUSED		
– Mida sa märkad? – Miks kirjaklamber liigub? – Miks purk liigub?		
TÄHELEPANEK		
Õhupallid tõmbavad üksteist ligi või tõukavad teineteist eemale.		
SELGITUS		
Sama põhjus. Kui hõõrutud pulk on metallist keha lähedal, siis elektronid „põgenevad“ metallpurgi või metallist kirjaklambri teise äärde.		

2.12 12. KATSE: EKSPERIMENDI 4.A KORDAMINE

Miks tõmbab hõõrutud pulk veejuga enda poole? Kas sama juhtub ka paberitükkide, kirjaklambri ja joogipurgi puhul? Vastus on „ei“. Selle põhjuseks on vee molekulide olemus. Vee molekulid on polaarsed, nii et kaks positiivset vesiniku molekuli tõmbuvad negatiivse laenguga hõõrutud pulga ligi.

Molekulide kohta rohkem õppimiseks:

Kujutage ette ühte veetilka. Kujutage ette, et tilk jaguneb paljudeks väikesteks tilkadeks ja need väikesed tilgad omakorda teisteks väiksemateks tilkadeks, kuni teil on nii üliväike tilk, et seda ei saa enam jagada. Olete just saanud vee molekuli.



LASTEAE P34 (BYDGOSZCZ, POOLA) KOHESIOONI- JA ADHESIOONIJÕUDUDE AVASTAMINE

1. KOORDINAATORI SISSEJUHATUS

Mali Odkrywcy lasteaias läbi viidud uuringu eesmärgiks oli see, et õpilased avastaksid jõudude olemasolu, mida nad silmadega ei näe, kuid mis on looduses olemas. Selleks olid adhesiooni- ja kohesioonijõud. Teostati mitmed eksperimendid, kus kasutati konstruktivistlikku meetodit ja küsimuste esitamist. Alustati vee omadustega ning hiljem katsetati ja avastati, kuidas vesi kinnitub teiste ainete külge (kahe sõrmega vee hoidmine ning katse kaardiga) ja ka seda, kuidas vesi püsib vedelas olekus tänu kohesioonijõududele koos (tilgad mündil eksperiment). Need faktid soodustasid vee molekuli kontseptsiooni kasutuselevõttu, mis võimaldas lastel avastada loodusliku nähtuse, milleks oli pindpinevus (katse vee peal oleva kirjaklambriga).

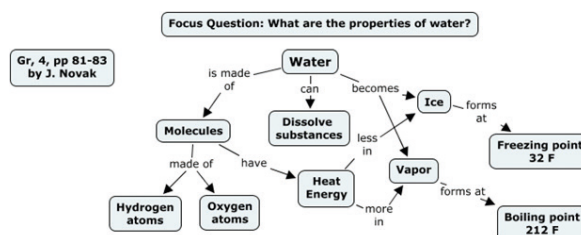
Õpetajate valitud suund tähistab vee teadusliku mudeli avastamise algust: vee molekulid on ühendatud kohesioonijõududega ja kinnituvad teiste ainete külge adhesioonijõududega.

2. KÕIGI EKSPERIMENTIDE ÜHINE METOODIKA: NOVAKI KAART

Alates 1970. aastatest arendas Novak ja tema uurimisrühm Cornellis kontseptsioonide kaardistamise tehnikat, et esitada õpilaste arenevaid teaduslikke teadmisi. Seda on hiljem kasutatud vahendina teaduslike ja muude ainete mõtestatud õppimise suurendamiseks ning haridus-, valitsus- ja ettevõtlusringkondade üksikisikute ja meeskondade ekspertteadmiste kujutamiseks.

Ausubel uskus, et uute teadmiste õppimine sõltub sellest, mis on juba teada. See tähendab, et teadmiste loomine algab sellest, et me vaatleme ja tunneme ära sündmusi ja objekte

juba olemasolevate kontseptsioonide kaudu. Õpime kontseptsioonide võrgustikku konstrueerides ja sellele lisades. Ausubel rõhutab ka õppimist avastamise käigus lihtsalt teadmiste mehhaanilise õppimise asemel ja mõtestatud õppimist rohkem kui pähe õppimist.



3. UURIMISPROJEKT: KOHESIOONI, ADHESIOONI JA PINDPINEVUSE AVASTAMINE

3.1. 1. TEGEVUSE KIRJELDUS: VEE OMADUSTE OTSIMINE

Selle tegevuse pealkiri on „Mängimine veega – vee põhiomaduste avastamine“.

Tegevused (1, 2 ja 3) viidi läbi Bydgoszczi lasteaias P34 „Väikesed uurijad“. Projekti juhendajad olid Beata Zawada ja Barbara Krakowska, kes töötasid 25 lapsega vanuses 5–6. Neist 11 olid tüdrukud ja 14 poisid.

Kõik projekti käigus toimunud arutelud põhinesid sokraatilisel meetodil. See meetod tähendab, et õpetajad küsivad lastelt lihtsaid küsimusi, mis lõpuks viivad vastajad loogilise järelduseni, mis ei ole kooskõlas laste algsete teadmistega.

Uurimiskatses kasutatud vahendid

Kannud veega, apelsinimahla läbipaistvas tassis, 2 eri kujuga anumad, 2 tassi (üks äädika, üks veega), tahvel teema kokkuvõtmiseks, mündid, pipett, magnetkaart, joonlaud, alustass.

Kasutatud kirjandus

1. S.Elbanowska. Jak zadziwić przedszkolaka. Tym, co świeci, pływa, lata. W- wa 1994.
2. G.Walter. Woda – żywioły w przedszkolu. Kielce 2004.
3. S.Hewitt. Przygoda z przyrodą – zabawy i eksperymenty. Wyd.Podsiedlik – Kaniowski i Spółka 2000.
4. <https://www.aulavirtual.csic.es>
5. <http://www.csicenlaescuela.csic.es>

Kokku vältas katse 24 tundi, sealhulgas ettevalmistus, vahendite hankimine, uuringud, katse läbiviimine, laste poolt eksperimendi kohta piltide joonistamine, kokkuvõte.

Uurimisprojekti eesmärk

Projekti põhieesmärk oli õpetada lastele põhiteadmisi veest ja neid teadmisi kinnistada. Lapsed tegid katseid veega ja õppisid vee rollist looduses.

Uurimistöö arendamine ja ettevalmistamine

Esiteks õppisid teema kohta õpetajad. Nad tegid märkmeid, konsulteerisid üksteisega, planeerisid tegevusi, otsisid vajalikke materjale ja koostasid tegevuskava.

Üks päev enne katset küsisid õpetajad lastelt, mis on vesi, ja milline on selle lõhn, värvus ja maitse. Kas veel on kuju?

Lapsed andsid erinevaid vastuseid. Mõned ütlesid, et vesi on valge/sinine, see maitseb nagu supp, see on soolane, maitseb kohutavalt ja et sellel on kannu või pudeli kuju.

Uurimise olulisus teadustöös – teadusliku uurimistöö olemus (NOSI)

Järgmisena hakkasid lapsed eksperimenteerima. Iga laps valas veidike pudelivett läbipaistvatesse topsidesse. Nad panid topside taha pilte, et kontrollida, kas need on nähtavad. Olid küll. Järgmise sammuna maitsesid lapsed vett ja jõudsid järeldusele, et vesi on maitsetu.

Siis kallasid lapsed vett eri kujuga anumatesse.

Õpetaja esitas küsimuse: „Mis kuju on veel?“

Mõned lapsed vastasid, et veel ei ole kuju, samas kui mõned ütlesid, et sellel on kannu kuju.



Joonised 1 ja 2.

Väärarusaamade avastamine

Õpetaja valas vett kannust põrandale ja küsis uuesti. Lapsed hüüdsid, et veel ei ole kuju. Õpilased kontrollisid „vee kuju“, valades vett eri kujuga anumatesse.



Joonis 4.

Tegevuse lõplik hindamine

Lõpuks leidsid lapsed vastused kuju, maitse, lõhna ja värvi küsimustele ja valisid tahvilil õiged vastused.

2. TEGEVUSE KIRJELDUS: KOHESIOON JA ADHESIOON

Kasutatud vahendid

Katses kasutati magnetkaarti, pipetti, münste, joonlauda, prille ja loomulikult vett.

Kasutatud kirjandus

1. S.Elbanowska. Jak zadziwić przedszkolaka. Tym, co świeci, pływa, lata. W- wa 1994.
2. G.Walter. Woda – żywioły w przedszkolu. Kielce 2004
3. S.Hewitt. Przygoda z przyrodą – zabawy i eksperymenty. Wyd.Podsjedlik – Kaniowski i Spółka 2000.
4. <https://www.aulavirtual.csic.es>
5. <http://www.csicenlaescuela.csic.es>

Uurimisprojekti eesmärk

Katsetamise käigus saavad lapsed teada vee kleepuvuse ja adhesiooni- ja kohesioonijõudude kohta. Seejärel mõistavad nad molekulaarteooriat. Selleks tehakse mõned sammud:

- Kohesiooni- ja adhesioonijõudude avastamine
- Teadmiste omandamiseks küsimuste esitamine

Uurimistöö arendamine ja ettevalmistamine

Õpetajate grupp läbis rea koordineerijate läbiviidud koolitusi Madridis ja Poolas. Õpetajad jagasid üksteisega mõtteid, planeerisid tegevusi, otsisid vajalikke materjale ja juhendasid lastega tehtud katseid.

Üks päev enne katset näitasid õpetajad õpilastele katseid ja küsisid lastelt, kuidas vesi sõrmede

vahel püsib ja miks veetilk magnetkaardilt maha ei kuku.



Joonis 3.

Lapsed andsid erinevaid vastuseid:

- „Sõrmed hoiavad veetilka.“
- „Tilk on sõrmede küljes kinni.“
- „Kaart on klaasi küljes kinni.“
- „Vesi hoiab kaarti.“

Hakkasime eksperimenteerides koos vastuseid otsima.

Uurimise olulisus teadustöös – teadusliku uurimistöö olemus (NOSI)

Õpetajad valisid eksperimendi, et äratada laste huvi teema vastu – sõrmede vahel veetilga hoidmise.

Vaatlus. Arutelu teemal „Miks jääb vesi sõrmede külge?“.

Lapsed vastasid:

- Vesi jääb sõrmede külge.
- Vesi on meie sõrmede vahele kleepunud.

See juhtub, sest:

- Vesi on kleepuv.
- Sõrmed on kleepuvad.
- Tilk on väga väike ja kerge.

Väärarusaamade avastamine

Väärarusaamade avastamiseks  tutvustasid õpetajad teist katset. Õpilased valisid

magnetkaardile veetilga ja pöörasid selle tagurpidi. Tilk jäi kaardile. Miks see juhtub? Miks veetilk alla ei kuku? Õpetajad tutvustasid lastele adhesiooni- (erinevate osakeste või pindade kalduvus teineteise külge klammerduda) ja kohesioonijõude (sarnaste või identsete osakeste/pindade kalduvus teineteise külge klammerduda).

Tegevuse lõplik hindamine

Lapsed katsetasid kahe mündiga – ühe suure ja ühe väikesega. Pipeti abil panid lapsed tilk-tilga järel vett müntide pinnale. Nad küsisid: „Miks tilgad maha ei kuku?“ ja „Miks nad üksteise külge kleepuvad?“. Tilk ei kuku kohesiooni- ja adhesioonijõudude tõttu maha. Adhesioon on erinevate osakeste või pindade kalduvus teineteise külge klammerduda ja kohesioon on sarnaste või identsete osakeste/pindade kalduvus teineteise külge klammerduda. Tänu nendele jõududele jäävad tilgad alustassi, kaardi ja joonlaua külge.

Veel uuringuid läbiviinud lapsed suutsid tuvastada, nimetada ja viidata kohesiooni- ja adhesioonijõududele.

TEGEVUSE 3.1 KIRJELDUS: PINDPINEVUSE AVASTAMINE

Kasutatud vahendid

Uurimiskatses kasutatud vahendid: kannud veega, katseklaas, pipar, pipett, kirjaklambrid, nõelad, nõudepesuvedelik, õhupallid, vesijooksiklane.

Kasutatud kirjandus

1. S. Parker. Woda. Eksperymenty i doświadczenia. Warszawa 2006
2. P. Ashbrook. Nauka jest prosta. Kielce 2003
3. U. Berger. Księga eksperymentów. Kielce 2008
4. <https://www.aulavirtual.csic.es>
5. <http://www.csicenlaescuela.csic.es>

Uurimisprojekti eesmärk

Projekti põhieesmärk oli õpetada lastele ja kinnistada nende põhiteadmisi veest. Õpilased avastasid, et veel on „nahk“ tänu millele suudavad mõned putukad, nt vesijooksiklased, vee pinnal seista.

Uurimistöö arendamine ja ettevalmistamine

Enne projekti uurisid õpetajad antud teemat. Õpetajad tegid märkmeid, jagasid ideid, kavandasid tegevusi, otsisid vajalikke vahendeid ja tegid kavandatud tegevused läbi.

Päev enne katset küsisid õpetajad lastelt: „Kas nõel jääb vee pinnale?“, „Kas kirjaklamber oskab ujuda?“, „Miks vesijooksiklane vee pinnal liigub?“.

Lapsed andsid erinevaid vastuseid. Mõned ütlesid, et nõel upub, mõned ütlesid, et see ujub. Mõned lapsed uskusid, et kirjaklamber ja nõel ujuvad pinnal või et kirjaklamber ujub, sest see on kerge. Mõned lapsed arvasid, et vesijooksiklane saab veel kõndida, sest tal on spetsiaalsed kingad, ta on kerge või suurte jalgadega. Sõpru vaadates eksperimenteerisid nad edasi.

Uurimise olulisus teadustöös: teadusliku uurimise laad (NOSI)

Järgmiseks hakkasid lapsed eksperimenteerima. Kõik õpilased valasid vett katseklaasidesse ja proovisid nõela veele asetada. Nad täheldasid juhtunut ja tegid järeldusi. Mõned lapsed suutsid nõela tasakaalustada, kuid väike rühm lapsi ei suutnud seda teha.



Joonis 4.



Joonis 5.



Joonis 6.

Õpetaja esitas küsimuse: „Miks nõel vee peal ujub?“

Mõned lapsed vastasid, et see ujub, sest see on kerge või õhuke või et see ei kaalu väga palju ja seepärast jääb see pinnale.



Joonis 7.

Väärarusaamade avastamine

Õpetajad näitasid lastele vesijooksiklast – putukat, kes suudab vee peal kõndida. Nad selgitasid, et veel on „nahk“, mis pole väga tugev. Vesijooksiklase jalge all näeme „naha“ paindumist.

Õpetaja näitas õpilastele „vee naha“ mudelit ja selgitas eksperimenti.

Katse järgmine etapp oli proovida kirjaklamber vee pinnale panna. Osad lapsed ei suutnud ülesannet täita. Õpetaja soovitas kasutada painutatud kirjaklambrist tehtud tööriista lusikana. Tänu sellele vahendile said kõik lapsed ülesande edukalt tehtud.

Tegevuse lõplik hindamine

Kui eksperiment oli lõpule jõudnud, tegid lapsed järeldusi ja jagasid enda tähelepanekuid sõprade ja õpetajatega.

Nad mõistsid, mis pindpinevus on ja suutsid seda rakendada ka muudes ende elus esinevates situatsioonides (nt pipar vees). Nad jätkasid uurimist ...

TEGEVUSE 3.2 KIRJELDUS: PINDPINEVUSE KATKESTAMINE



Joonis 8.

Katses kasutatud vahendid

Pipar, nõudepesuvahend, õhupall.

Kasutatud kirjandus

1. S.Elbanowska Jak zadziwić przedszkolaka. Tym, co świeci, pływa, lata. W- wa 1994.

2. G.Walter. Woda – żywioły w przedszkolu. Kielce 2004.
3. S.Hewitt.Przygoda z przyrodą – zabawy i eksperymenty. Wyd.Podsiedlik Kaniowski i Spółka 2000.
4. S. Parker. Woda. Eksperymenty i doświadczenia. Warszawa 2006.
5. P. Ashbrook. Nauka jest prosta. Kielce 2003.
6. U. Berger. Księga eksperymentów. Kielce 2008.
7. <https://www.aulavirtual.csic.es>
8. <http://www.csicenlaescuela.csic.es>

Uurimisprojekti eesmärk

Eksperimenteerides kordasid lapsed fakti, et veel on „nahk“, mis ei ole väga tugev ja et seda saab kergesti katki teha.

Uurimistöö arendamine ja ettevalmistamine

Õpetajate grupp läbis rea CSIC Koolis poolt läbiviidud koolitusi Madridis ja Poolas. Õpetajad jagasid üksteisega mõtteid, planeerisid tegevusi, otsisid vajalikke materjale ja juhendasid lastega tehtud katseid.

Päev enne katset kinnistasid õpetajad laste teadmisi veest ja küsisid neilt, kas vee „nahk“ on tugev või saab seda kergesti katki teha.

Lapsed andsid erinevaid vastuseid: üks rühm väitis, et „nahk“ on väga tugev ja elastne ning seda ei saa purustada. Teised lapsed uskusid, et see on väga õhuke ja seda saab kergesti katki teha. Õpetaja pakkus, et nad võiksid eksperimentidega kontrollida, milline vee „nahk“ on.



Joonis 9.



Joonis 10.



Joonis 11.

Uurimise olulisus teadustöös: teadusliku uurimise olemus (NOSI)

Õpetajad valisid eksperimendi, et äratada laste huvi teema vastu – pipra puistamine vee pinnale.

Vaatlus ja arutelu teemal „Mis juhtub pipraga, kui me puistame selle vee pinnale?“.

Lapsed vastasid:

— *Pipar läheb katseklaasi põhja.*

— *Pipar ujub.*

See juhtub, sest:

— *Veel on „nahk“.*

— *See on kerge.*

— *See on väike.*

Väärarusaamade avastamine

Väärarusaamade avastamiseks tutvustasid õpetajad uut katset. Õpilased panid pipra katseklaasi ja jälgisid, mis juhtub. Seejärel lisasid nad pipetiga nõudepesuvelelikku.

Õpetaja küsis, mis pipraga juhtus ja miks see katseklaasi põhja vajus. Kõik lapsed vastasid õigesti, et vee „nahk“ on kahjustatud ja katki.

Tegevuse lõplik hindamine

Lõpetuseks katsetasid õpilased müntidega. Nad panid veega täidetud katseklaasidesse münne. Õpetaja tutvustas õpilastele meniski kontseptsiooni. Kõik õpilased loendasid münne ja jälgisid meniskit. Pärast teatud arvu müntide katseklaasi kukutamist hakkas vesi välja voolama. Õpetaja küsis, mis juhtus. Kõik õpilased vastasid, et vee „nahk“ oli purunenud.

4. LÕPLIKUD JÄRELDUSED



Pärast täiendavate eksperimentide läbiviimist suutsid õpilased järeldada, et vett kattev „nahk“ ei ole väga tugev ja rasked esemed vajuvad põhja. Mõningaid kergeid esemeid saab „nahale“ paigutada pindpinevust lõhkumata. Lõpuks on neil analoogimudel – veel on „nahk“.

SAN FRANCISCO RIIKLIK KOOL (PAMPLONA, HISPANIA)

ADHESIOONI- JA KOHESIOONIJÕUDUDE AVASTAMINE

1. KOORDINAATORI SISSEJUHATUS

San Francisco kool Pamplonas, Hispaanias on näide Hispaania kakskeelse hariduse mudelist, mis hõlmab baski ja hispaania keelt. Inglise keelt õpetatakse võõrkeelena. Huvitav on näha, kuidas sõltumata järgitud õpetamismudelist ühendab teadus selles keskuses kultuure ja edendab soolist võrdsust. Kuna kaasatud õpilased olid algkoolist, lähenesid õpetajad uuritavate nähtuste – adhesiooni ja kohesiooni – suurustele mitte ainult kvalitatiivselt, vaid ka kvantitatiivselt. Nad alustasid jõu mõiste kontseptualiseerimist kirjaklambri ja magnetiga eksperimenteerides. Nad jätkasid uurimisprotsessi, hoides sõrmede vahel tilka vett, et avastada adhesiooni- ja kohesioonijõud. Nende jõudude täiendavaks kontseptualiseerimiseks tegid nad teisi eksperimente (kaart ja veetilgad mündil), kasutasid sobivat keelt ja rakendasid vastavaid seadusi. Hiljem määrati dünamomeetriga kindlaks adhesioonijõud klaasplaadi ja CD ning laua vahel – sel moel liiguti vaatluste juurest suurusteni. Uurimise teise faasi ja hindamisena tutvustasid nad analoogmudelit (jälgides, mis juhtub, kui joogipurk külmkapist välja võtta), mis aitas lastel vee pinna käitumist mõista. Lõpuks näideldi, olles adhesiooni- ja kohesioonijõud. Selle konstruktivistliku tee kaudu jõudsid lapsed vee molekulaarmudelini ja jälgides makroskoopilist maailma, mida nad suudavad oma meeltega kujutleda, olid nad võimelised mõistma, mis juhtub submikroskoopilisel tasandil.

2. KÕIGI TEGEVUSTE ÜHINE MEETOD

Enne lastega läbiviidud uurimisprotsessi

alustamist koostati kõnealuse teema olemuse kohta mõistekaart, mis näitab madalaimat vajalikku taset ehk Ausubeli olulisuse taset. Kaardil oli konstruktivistlik struktuur ja see näitas eksperimentaalset suunda, mida oli erinevate mõistete tutvustamiseks vaja järgida. Uuring põhineb varasemal teadmiste tasemel (Ausubeli tase), mis pidi lastel juba olema.

Õpilased pidid enne alustamist mõistma:

- Mõisteid: kaugus, pikkus, pinnad ja maht (vastavalt laste kognitiivsele arengutasemele).
- Aine olekud: tahke, vedel, gaasiline.
- Oleku muutused: aurustumine ja kondenseerumine.
- Vedelike omadused, mis eristavad neid tahketest ainetest ja gaasidest.
- Vee erilisi omadusi.
- Mis on jõud?
- Jõu kontseptualiseerimine.

3. UURIMISPROJEKTI KIRJELDUS: ADHESIOONI- JA KOHESIOONIJÕUDUDE AVASTAMINE.

Uuringu kirjeldus

Uuring viidi läbi alghariduse kolmanda tsükli neljas klassis (algklassid 5 ja 6, vanuses 9–12), samuti ühes teise tsükli klassis (algklass 3, vanuses 7–9) mõlemas koolis kasutatavas keeles: baski ja hispaania. 95-st osalenud õpilasest rääkisid 50 baski keelt ja 45 hispaania keelt, kuigi uuringute tulemused olid mõlemas keeles ühesugused. Peame oluliseks märkida, et AG (hispaania) mudelit kasutanud 45 õpilast on sotsiaalselt ebasoodsas olukorras olevad lapsed, kellel on madal IESC (majandusliku, sotsiaalse ja kultuurilise staatuse indeks) tase, kellest mõned

saa aru hispaania keelest ja mõnedel neist on käitumisprobleeme või nad puuduvad koolist.

D (baski) mudelit järgivad 50 on pärit tavalistest perekondadest, nad ei puudu koolist ning neil pole käitumisprobleeme. Neil lastel on keskmine/kõrge IESC tase.

Samuti peame oluliseks märkida, et sugudevahelisi erinevusi ei täheldatud: mõlema soo esindajaid oli enam-vähem võrdselt ja nii tüdrukud kui poisid osalesid välja pakutud katsetes.

Õppetöö toimus õppeveerandi jooksul ja osalenud õpetajad õpetavad koolis teadusaineid. Katsed viidi läbi erinevaid vanuseastmeid sisaldavates gruppides, kus olid lapsed vanuses 7–12 aastat. See võimaldas vanematel lastel nooremaid aidata ja samal ajal motiveerisid nooremad vanemaid. Kõik lapsed olid kogu uuringu vältel väga motiveeritud.

Uuringu pealkiri oli: „Millest on maailm tehtud? Vee adhesiooni- ja kohesioonijõudude kirjeldamine ja nende selgitamiseks lihtsa molekulaarteooria kasutamine.“

Uuringu eesmärk

Meie peamine eesmärk oli jälgida suunda, mis viib vee kohesiooni- ja adhesioonijõudude avastamisest aine molekulaarteooria juurde. See hõlmas avastamist, millest maailm on tehtud, jälgides vees olevate adhesiooni- ja kohesioonijõudude käitumist.

Uurimisteenkonnal seati järgmised küsimused:

- Millised jõud põhjustavad adhesiooni- ja kohesioonijõude?
- Millistes muudes protsessides need esinevad?
- Kas on olemas seadusi, millega võetakse kokku, kuidas vesi nende jõudude tõttu käitub?

Nendele küsimustele vastamiseks pidime leidma eksperimendid, mille tulemused võimaldaksid meil vastused leida (küsimismeetod):

- Milliseid eksperimente saame nendele küsimustele vastamiseks läbi viia?
- Milline on tegelikult vesi submikroskoopilisel tasandil?

Kasutatud vahendid ja kirjandus

Selles tegevuses kasutatud vahendid olid: pipetid, vesi, kaardid, kirjaklambrid, mündid, magnet, joogipurgid, dünamomeetrid, klaasplaadid ja CD-d.

Kasutatud põhikirjanduseks olid CSIC virtuaalne klassiruum (www.aulavirtual.csic.es), mis sisaldas projekti alguses pakutud koolitust, ja CSIC koolis veebileht (www.csicenlaescuela.csic.es).

Uurimisteenkonna kirjeldus: Millest on maailm tehtud? Vee adhesiooni- ja kohesioonijõudude kirjeldamine ja nende selgitamiseks lihtsa molekulaarteooria kasutamine.

Me järgisime konstruktivistlikku suunda, mille puhul järjestikuste seotud katsete läbi viimine võimaldas meil täheldatud loodusnähtusi lähemalt uurida.

Esiteks kontseptualiseerisime jõu, et mõista laste varasemaid teadmisi, tutvustada uusi kontseptsioone (adhesiooni- ja kohesioonijõud) ning hinnata neid teadmisi, viies mõõtmise tutvustamise ajal läbi muid eksperimente.

Esimene osa: igapäevases loodusliku protsessi vaatlemine

Vihmast päeva ära kasutades vaatlesid lapsed loodusnähtust – vihmapiisku aknal. Seejärel küsisime järgmised küsimused:

- Millised on tilgad?
- Miks need on sfäärilised?
- Kuidas need aknast kinni hoiavad?
- Miks need alla jooksevad?

Seejärel alustasime teadusvihikute täitmist. Kui lapsed olid ise mõistnud, et tilgad on alati ümmargused/sfäärilised, kirjutasid nad selle oma teadusvihikutesse. Vihik soodustas ka teiste

oskuste arendamist, näiteks keelelist pädevust, kuna nad pidid vaadeldud nähtusi kirjeldama.

1. KATSE: JÕU KONTSEPTUALISEERIMINE. JÕU KONTSEPTSIOONI SISSEJUHATUS – MAGNET JA KIRJAKLAMBER.

Katse seisnes selles, et sõrmedega hoiti niidi otsas rippuvat kirjaklambrit, mille lähedale pandi magnet, nagu fotol on näidatud. Kui klambrit lahti lasti, tõmbas magnet selle ligi ja kirjaklamber liikus kuni jäi magneti külge kinni. Kui magnet eemaldati, kukkus kirjaklamber raskusjõu tõttu maha.

Õpetajad küsisid õpilastelt, millised jõud kirjaklambrile mõjuvad. Õpilased andsid erinevaid vastuseid.

Mõned andsid õige vastuse, kuid teised ei teadnud, mis toimus. Tegelikult on see, et mõjuvad kaks jõudu: gravitatsioon ja magnetism. Mõlemad on jõud, mis toimivad kaugelt, kuna ei maapind ega magnet ei puutu klambri kokku. Seevastu niit mõjutab kirjaklambrit kontaktis olles, nagu ka sõrmed mõjutavad niiti. Kui klamber on paigal, siis on gravitatsiooni (kaal), magnetilise külgetõmbe ja niidi jõud tasakaalustatud, andes tulemuseks nulli.

Kuna tegemist on algklasside õpilastega, võime antud olukorras minna nii kaugele ja avastada, et jõud on vektoriaalne suurus, mis tekitab keha liikumist (kiirendamist). Kui keha on paigal, on see seetõttu, et temale mõjuvate jõudude summa on null.

2. KATSE: EELNEVATE TEADMISTE HINDAMINE – PÖIDLA JA NIMETISSÕRME VAHEL VEETILGA HOIDMINE.

Lastel paluti kirjeldada eksperimenti oma sõnadega. Sel moel leidsime nende eelnevate teadmiste taseme ja tegime kindlaks, kas neil oli väärarusaamu. Need väärarusaamad tuleb katsete abil dekonstrueerida.

Me kasutasime kontaktjõudude kontseptsiooni kohesiooni ja adhesiooni protsesside kaudu, kuigi õpilastele ei olnud veel öeldud jõudude nimesid, mida nad kirjeldasid järgmiselt:

Kohesioonijõud: jõud, mis seovad materjali osi kokku, näiteks ühte veetilka teisega.

Adhesioonijõud: jõud, mis ilmuvad kahe erineva materjali vahel, näiteks need, mis hoiavad veetilka sõrmede naha küljes. See juhtub siis, kui me paneme veetilga teise materjali külge.

Katse tulemuste kirjeldus: lapsed kirjeldasid täheldatud tulemusi:

- *Veetilk jääb sõrmede naha külge.*
- *Veetilk ei purune, vaid käitub nagu elastne keha.*

Lastele tutvustatud uued mõisted olid:

Adhesioonijõud on see, mis tekib vee ja naha vahel. Kohesioonijõud on see, mis tekib vee ühe ja teise osa vahel.

3. KATSE: ADHESIOONI- JA KOHESIOONIJÕUDUDE KINNISTAMINE

Õpilased peavad mõistma, et on olemas kaks jõudu, mis toimivad vastupidises suunas. Kui tilk muutub liiga pikaks, siis on seda sõrmede küljes hoidvad adhesioonijõud suuremad kui kohesioonijõud ja tilk jaguneb kaheks. Need kaks poolt tõmbuvad kahe sõrme külge.

Sel viisil sõnastame kaks seadust, mis reguleerivad käitumist, mida täheldasime:

Esimene seadus: veepiiskadel on tendents tahkete ainete pinnale kinni jääda.

Teine seadus: veetilkadel või tilga osadel on kohesioonijõudude tõttu kalduvus end üksteisega kokku siduda.

4. KATSE: OMANDATUD TEADMISTE HINDAMINE – TILK PIPETI OTSAS

See katse seisnes selles, et pipett täideti veega ja aeglaselt pigistati kummist osa nii, et oli näha, kuidas tilk suureneb ja venib kuni see pipeti otsast maha kukub.

Mida me näeme? Lapsed vastasid kohe, et see muudab kuju ja suurust.

Jätkame uurimist. Kas sama asi juhtub teiste vedelikega? Miks see kukub?

See on võistlus tilka pipeti küljes hoidvate adhesioonijõudude ja gravitatsioonijõudude vahel, mis kipuvad seda maha kukutama.

5. KATSE: MATERJALIDE PINNA JA VEDELIKU VAHELISED JÕUD

Enne katset küsiti lastelt: „Millest sõltuvad adhesiooni- ja kohesioonijõud?”.

Lapsed andsid erinevaid vastuseid. Kontrollisime, kas vedeliku ja tahke aine vaheliste adhesioonijõudude suurus sõltub materjalist. Selleks kasutasime eksperimendis veetilka ja erinevaid materjale (vask, plast, joogipurk, aknaklaas jne). Lapsed nägid, et olenevalt sellest, millest pind on valmistatud, käitub tilk erinevalt ja omandab erineva kuju.

Kuju, mille tilgad tasakaaluolekus omandavad, sõltub kohesioonijõudude ja seda pinna külge kinnitavate jõudude suurusel. Kui neid ei eksisteeriks, oleks tilk täiesti sfääriline. Kui ei oleks kohesioonijõude, oleks vesi täiesti pinnale kinnitunud ja lame.

Sõltuvalt pinna materjalist võtavad tilgad eri kuju.

6. KATSE: POOLKVANTITATIIVSELT ADHESIOONIJÕUDUDE SUURUSE MÄÄRAMINE JA NENDE SEOSTAMINE KOHESIOONIJÕUDUDE SUURUSEGA

See katse seisnes tilkade kuju jälgimises ja selle kuju korreleerimises nurgaga, mille võrra on vajalik pinda kallutada, et tilgad hakkaksid raskusjõu mõjul libiseda. Mida lamedam on tilk, seda olulisemad on adhesioonijõud võrreldes kohesioonijõududega ja seda enam tuleb tasapinda kallutada, et tilk hakkaks allapoole libisema.

7. KATSE: TILGAD MÜNDIL

Õpilased peavad kasutama sellest eksperimendist saadud teadmisi, samuti kasutama õigeid sõnu (kontseptsioone) ja vastavaid seadusi rakendama.

Katse seisnes selles, et lauale paigutati münt ja pipetiga hakati sellele väga aeglaselt vett tilgutama. Kõik lapsed peavad kasutama

samasugust münti (näiteks 1 euro) ja selle enne katset seebi ja veega puhastama.

Pipetiga panime vett tilkhaaval juurde ja jälgisime, mis juhtus. Samal ajal lugesime tilku. Jõudsime punkti, kus vesi muutus üsna mahukaks ja paisus pisut üle servade ilma, et see oleks maha läinud.



Joonised 1 kuni 4. 7. katse



Mis toimub? Kuidas on see võimalik?

Vaatasime suurendusklaasiga mündi peale moodustunud tohutu veetilga kuju. Kui lapsed olid mündile piisavas koguses vett tilgutanud, läks laste tähelepanu vee omandatud kuju peale (mõned õpilased olid seda juba märkinud). Nad märkasid sfäärilist kuju, mille vesi mündil võttis.

Õpilastel kästi veel paar tilka lisada. Kõik kummardasid silmadega laua kõrgusele ja jälgisid vee kuju. Nad kirjeldasid seda kui väga lamedat tilka. Mõne hetke pärast paisus vesi üle mündi servade, kuid ei läinud veel maha. Lõpuks, kui lisatud oli liiga palju tilku, ei suutnud mündi serva ja vee vahel eksisteerivad kohesioonijõud enam deformeerunud veetilga kaalu toetada ja see voolas maha.

8. KATSE: UUS SUURUS – PINDPINEVUS. KAART VEEKLAASIL.

See katse seisnes läbipaistva klaasi või plastiktopsi ääreni veega täitmises ja väga hoolikalt sellele plastkaardi (nagu krediitkaart või hotelli võtmekaart) asetamises nii, et ülemine pool märjaks ei saaks. Pool kaarti asetati klaasi sisse nii, et see oli veega kokkupuutes, teine pool oli klaasi servast üle.

Katse seisnes kaardi välisküljele raskuste või üheste eurosentide paigutamises ja õpilased jälgisid, mis juhtus kaardi küljes oleva vee pinnaga.

See süsteem toimib nagu kaal, kus üks kaalukauss on kaardi välimine osa, millele raskusi asetame, samal ajal kui kaardi teine osa jääb vedeliku külge tänu kaardi ja vee vahelistele kohesioonijõududele kinni.

Vee pind deformeerub ja väldib purunemist, käitudes nagu elastne pind, nagu näiteks batuut, millel saab hüpata.

Siinkohal saame anda nime laste poolt just nähtule. Sellist käitumist, mis põhjustab pinna venimist ja deformeerumist nii, nagu see oleks kummist, ja mis takistab selle purunemist, nimetatakse vedeliku pindpinevuseks. See tuleneb vedeliku pinna erinevate osade vahelisest kohesioonijõust.

Müntide või raskuste arv, mis on vajalik, et kaart kukkuma panna ja vee pind purustada (teisisõnu pindpinevuse ületamine), annab meile ülevaate selle suurusest. Loendades selle jõu ületamiseks vajalikud mündid või loendurid, tutvustame kvantitatiivse mõõtmise.

Nii jõudsid lapsed analoogmudeli juurde: vesi käitub nii, nagu oleks selle ümber elastne „nahk“; see põhjustab vee pinna käitumise.



Joonised 5 kuni 8. 8. katse.

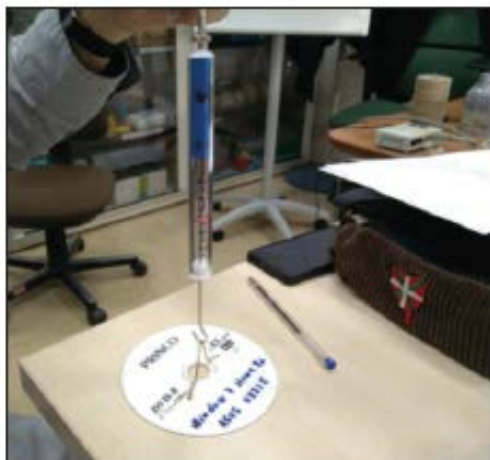
9. KATSE: PINDPINEVUSE KVANTITATIIVNE MÕÕTMINE – JÕUD KLAASIST PINNA JA LAUA VAHEL

See katse on eelmise jätk. Idee on jõudu täpsemalt mõõta. Valasime lauale vett ja moodustus väga õhuke niiske pind. Sellele panime mikroskoobi alusklaasi või sileda pinnaga klaasist ruudu, mille mõõtmised on teada.

Järgmisena püüdsime klaasi laualt eemaldada ja märkasime, et see oli väga raske, kuna kahe pinna vahele oli ilmunud jõud, mida ilma veeta ei oleks eksisteerinud.

Saame mõõta jõudu kahe veega ühendatud lameda pinna vahel.

Kasutasime dünamomeetrit (võimalus tutvustada jõu mõõtmise vahendit), et kindlaks määrata jõud, millega klaas laua küljes kinni oli, ja kujutleda, kuidas neid koos hoidev vee pind deformeerus (sarnaselt sellele, kuidas krediitkaardiga ühenduses olnud vee pind deformeerus eelmises katses).



Joonised 9 ja 10. 9. katse.

TEINE OSA: LÕPLIK HINDAMINE. SELLESE TEOREETILISE MUDELI TUTVUSTAMINE, MIS SELGITAB VEE KÄITUMIST TAHKETE PINDADEGA KOKKUPUUTEL – MOLEKULAARTEOORIA

Nüüd tutvustasime analoogmudelit – elastse "naha" mudelit –, et aidata neil mõista (selgitada) vee pinna käitumist.

Panime taldrikule väga külma joogipurgi ja nägime, et see kattus veetilkadega, mis libisesid pinda mööda alla ja moodustasid taldrikul loigu.

Tundus, et merest, lompidest, ujumisbasseinidest, kuivavatest riietest, meie hingeaurust ja tuhandetest sarnastest protsessidest aurustunud vesi muutus uuesti vedelikuks.

Kuid me ei näe õhus olevat vett. Kuidas on see võimalik? Lapsed pidid tunnistama, et õhus peab vesi olema nii väikeste tilkade kujul, et me ei näe neid. Väikseim õhus olev veetilk on see, mida nimetame molekuliks. Võime neid molekule kujutada nii nagu soovime, näiteks väikeste pallidena.

See viis meid hüpoteesi formuleerimiseni veemudeli vormis: vesi koosneb väga väikestest submikroskoopilistest pallidest, mida me ei näe palja silmaga. Need tõmbuvad üksteist ligi (kohesioon) ja tõmbuvad pindade ligi (adhesioon).

Pidime testima oma teoreetilist mudelit ja kasutama seda, et proovida selgitada osasid esimeses osas saadud eksperimentaalseid tulemusi.

Näiteks mündi ja veetilkade katse jaoks kasutasime pinda (nagu tagurpidi kasti või lauda) ja määratlesime iga õpilase molekulina ja kasti mündina.

Esimene tilk sai kasti mugavalt, samuti teine ja kolmas. Neljandal oli raskusi, kuid kaaslased

hoidsid teda kinni. Viiendal tilgal ei õnnestunud sisse saada ja lisaks kukutas ta ka teised maha.

See läbi mängimine kinnistas mudelit selgitamaks, mis juhtub mikroskoopilisel tasemel mündil, kui me sellele vett tilgutame.

Õpilastel paluti selgitada, mis juhtus, kasutades mudelit, mis neil juba oli. Nende vastus oli, et mõjusid kohesiooni- (üksteise vahel) ja adhesioonijõud (laua pinnaga). Iga õpilane modelleeris kuidas nad käitusid nagu vee molekulid, mis teineteise külge kinni jäävad (kohesioon), moodustades mündi pinnale tilga, kuni on olemas tugevam jõud (sel juhul tilga enda kaal), mis paneb vee maha voolama.

Teoreetiline mudel töötas. See aitas lastel ette kujutada, mis juhtub submikroskoopilisel tasemel, ja seetõttu selgitab meeltega tajutava makroskoopilise maailma käitumist. Ajutiselt aktsepteerisime selle meie teadusliku mudelina, millega me töötamist jätkasime.



Joonis 11. Aatomimudel.

ASUNDUSE LASTEAED (TALLINN, EESTI)

SUHKRUST ELEKTRI JUURDE

1. KOORDINAATORI SISSEJUHATUS

Eesti haridusasutuse TALLINNA ASUNDUSE LASTEAIA poolt läbi viidud tegevused põhinevad pedagoogilisel mudelil, mis võimaldab lasteaia lastel uurida teatud loodusnähtusi. Osade aine molekulaarmudeli seaduste avastamiseks kasutati igapäevase elemendina vett. Esimene katse seisnes suhkru vees lahustamises, tõestamaks, et kuigi suhkur on vees lahustunud, ei ole see kadunud, sest me saame maitsemisega kontrollida, et suhkur on veel alles. Järgmine samm oli vaatlus. Klaas vee ja suhkruga jäeti paariks päevaks seisma nii, et suhkur jäi klaasi alles, kuid vesi kadus ära. Selles vanuses lapsed teavad juba, et asjad ei kao iseenesest, ja nad aktsepteerivad, et klaasis olnud vesi on läinud õhku, ehkki nad seda ei näinud. See on aine olekute avastamise ja molekuli kontseptsiooni tutvustamise algus.

Täiendavad uuringud, mida lapsed läbi viisid, käsitlesid elektrostaatilisi nähtusi. Nad alustasid väga lihtsa katsega, milleks oli õhupalli hõõrumine ja selle juuste lähedale panek. Idee oli avastada külgetõmbejõud, teisisõnu elektrienergia, ja alustada selle seaduste avastamist. Selle eksperimendi käigus tahtsid õpetajad, et lapsed avastaksid jällegi, kuidas jälgida asju, mida meie silmad ei näe.

Esimesel juhul olid nendeks molekulid ja teise näite puhul elektrilaeng.

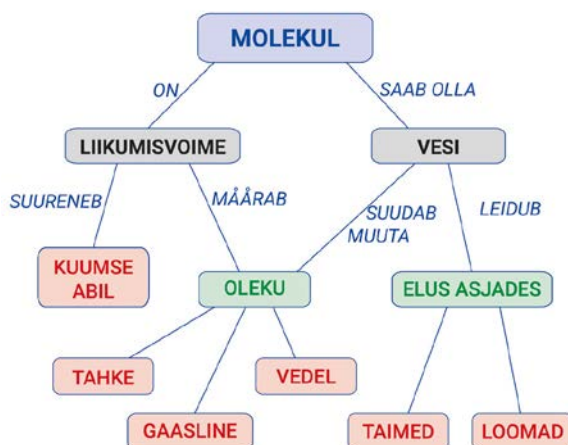
Selles töös on huvitav jälgida, kuidas lapsed interpreteerivad molekule enne uuringute läbiviimist (nagu koletised, lilled jne) ja kuidas nad teevad seda pärast uuringute läbiviimist (väikesed pallid, (vastavalt mudelile), mis kokku moodustavad vedela vee ja eralduvad aurustumisel). Sel moel näitavad need 5- kuni 7-aastased lapsed, et nad

on võimelised visualiseerima asju, mida nad ei näe, nende ümbrust kujutavate mudelite vaimsete kuvandite kaudu.

2. UURIMISPROJEKTIS KASUTATUD MEETODI KIRJELDUS

Alates 1970. aastatest arendas Novak ja tema uurimisrühm Cornellis kontseptsioonide kaardistamise tehnikat, et näidata õpilaste arenevaid teaduslikke teadmisi. Seda on hiljem kasutatud vahendina teaduslike ja muude ainete mõtestatud õppimise parandamiseks ning haridus-, valitsus- ja ettevõtlusringkondade üksikisikute ja meeskondade ekspertteadmiste kujutamiseks.

Ausubel uskus, et uute teadmiste õppimine sõltub sellest, kui võrd saavad need ladestuda juba olemasolevatele teadmistele. Teiste sõnadega, teadmiste loomine algab meile juba teada olevate kontseptsioonide kaudu sündmuste ja objektide vaatlemise ja äratundmisega. Õpime kontseptsioonide võrgustikku konstrueerides ja sellele lisa paigutades. Seda on hiljem kasutatud vahendina teaduslike ja muude ainete mõtestatud õppimise parandamiseks ning haridus-, valitsus- ja ettevõtlusringkondade üksikisikute ja meeskondade ekspertteadmiste kujutamiseks.



3. 1. UURIMISPROJEKT: Kuhu kadus suhkur?

Tegevuse kirjeldus

Katse leidis aset Tallinna Asunduse lasteaia, kus käivad lapsed vanuses 5-7 aastat.

Katse viisid läbi õpetajad Eneli ja Kristel. Kokku võttis osa 11 last, 6 poissi ja 5 tüdrukut.

Uurimiskatseks kasutatud vahendid: suhkrakuubikud, külm ja kuum vesi, klaaskann, lusikas, plastist tassid, kahe erineva värviga polüetüleenist pakkevahu pallid.

Kasutatud kirjandus:

1. Murulaid, R., Piirsalu, E., Vacht, P., Vaino, K.; Loodusõpetus 7. klassile; [2016]; Eesti. Saadaval Internetist:
2. <http://opik.fyysika.ee/index.php/rc/vie/w/21#/section/8604>
3. Tännan, M.; Loodusõpetus 7. klassile. Sissejuhatus füüsikasse ja keemiasse; [2010]; Eesti.
4. CSIC virtuaalne klassiruum: <https://www.aulavirtual.csic.es>
5. CSIC Koolis: <http://www.csicenlaescuela.csic.es>

Kõik projekti käigus toimunud arutelud põhinesid sokraatilisel meetodil. Selle meetodi puhul küsisid õpetajad lastelt lihtsaid küsimusi, mis viisid vastajad lõpuks loogilise järelduseni, mis ei olnud kooskõlas laste algsete teadmistega.

Kokku kestis katse 24 tundi: ettevalmistus, vahendite hankimine, uuringud, katse läbiviimine, laste poolt eksperimendi kohta piltide joonistamine, kokkuvõte.

Uurimisprojekti eesmärk

Uurimustöö eesmärgiks oli avastada molekulid, uurida nende olemust ja jõuda molekulaarteooria juurde.

Uurimistöö arendamine ja ettevalmistamine

Esiteks tegelesid õpetajad endale teema selgeks tegemisega. Nad tegid märkmeid, konsulteerisid üksteisega, planeerisid tegevusi, otsisid vajalikke materjale ja koostasid tegevuskava.

Üks päev enne eksperimenti küsisid õpetajad lastelt, millest nende meelest maailm tehtud on ja kuidas molekulid sellega seotud on.

Õpetajad palusid lastel sellest pildi joonistada.

Katse päeval läksid õpetajad varem rühma klassiruumi, et panna valmis kõik vajalikud vahendid ja tekitada lastes elevust.

Lapsed ei olnud varem molekulidest kuulnud. Mõned lapsed arvasid, et molekulid võivad olla koletised ja üks lastest ütles, et molekulidel võivad hambad olla.

Teadusliku uurimise olemus (NOSI)

1. **Vaatlus.** Arutelu teemal „Mis juhtub, kui lisame suhkrut veega täidetud kannu?“.

Lapsed:

- „Suhkur sulab vees.“
- „Vesi sulatab kõike.“
- „Ei, see ei sulata kõike. Laud ei lahustu.“
- „Külma ja sooja vee vahel on erinevus.“
- „Vesi muutub magusaks. Veest saab kivi.“
- „Külm vesi ei lähe magusaks. Maitse on erinev.“
- „Suhkur ei lähe kaduma.“

2. Katsetamine

Lapsed panid suhkrutükid külma vette. Üks laps segas vett lusikaga. Mis juhtub?

Lapsed:

- „Kui seda segame, siis peame seda 50 tundi segama enne, kui suhkur sulab.“
- „Ei, see ei võta nii kaua aega.“

— „Nüüd on juba osa suhkrut läinud.“



Joonised 1 ja 2. Lapsed panid suhkrutükid vette.

Lapsed lisasid külmale veele keevat vett. Üks laps segas lusikaga. Mis juhtub? Lapsed:

- „Mõned väikesed tükid.“
- „Ma ei näe seda.“
- „Kuhu see läks?“
- „See aurustus ära.“
- „Nüüd kaob suhkur palju kiiremini.“

3. Tulemuste kokkuvõte

Pärast katsete läbiviimist hakati arutama teemal „Molekulid – mis need on? Kuidas nad liiguvad?“.

- Molekul on aine väikseim ühik, millel on kõik selle aine omadused. Näiteks on vee

molekul kõige väiksem ühik, mis on veel vesi.

- Kuuma vee molekulid liiguvad kiiremini kui külma omad.
- Suhkrul on veest väiksem tihedus.
- Seda tüüpi vedel lahus koosneb tahkest lahustunud ainest, milleks on suhkur ja vedelast lahustist, milleks on vesi. Suhkur lahustub, kui suhkru molekulid jaotuvad kogu vees ühtlaselt.



Joonis 3. Me ei näe vees suhkrut.

Kuidas molekulid vees või suhkrus liiguvad?

Proovime! Uuring jätkus...

Kuidas molekulid välja näevad, kui lisame suhkrut veega täidetud kannu?

4. Hüpotees

Lapsed:

- „Suhkur on veel vees.“
- Ühel lapsel ei olnud aimu, mis juhtuda võib.

5. Hüpoteesi testimine laboris

Kuidas saame olla kindlad, et suhkur on veel vees? Nuusutame ja maitseme seda!



Joonis 4. Tahke aine (nagu suhkrutükk).



Joonis 5. Vedelik (nagu vesi).



Joonis 6. Suhkur.



Joonis 7. Vee maitmine.

- Lapsed nuusutasid puhas vett. *Kuidas see lõhnab?*

Lapsed:

- „See lõhnab nagu vesi.“
- „See lõhnab tavaliselt.“

- Lapsed maitsesid vett. *Kuidas see maitseb?*

Lapsed:

- „Sellel pole maitset.“
- „Mulle meeldib, kuidas see maitseb.“
- „Maitset pole üldse.“

- „Veel on sama maitse nagu tavaliselt.“
- Lapsed nuusutasid suhkruvett. *Kuidas see lõhnab?*

Lapsed:

- „Sellel pole ikka veel lõhna.“
- „Midagi ei ole muutunud.“
- Lapsed maitsesid suhkruvett. *Kuidas see maitseb?*

Lapsed:

- „See on nii magus.“
- „See on liiga magus.“
- „Suhkur on ikka alles.“

6. Hüpoteesi selgitus

Lapsed andsid mitu selgitust selle kohta, miks suhkur ei olnud kadunud – fakt, mida nad eelneva katsetamisega tõestanud olid:

- „Suhkur muutub tahkest vedelaks.“
- „Suhkrutükid lagunesid.“
- „Suhkur sulas ja tõusis pinnale.“
- „Suhkur jäi vette.“
- „Suhkruosakesed on nii väikesed, et me ei näe neid.“

Tegevuse lõplik hindamine

Selleks, et näha, kas suhkur oli vees või mitte, jättsime 150 ml vee ja 12 suhkrutükiga kannu riulile seisma.

Lapsed jälgisid iga päev, kuidas vesi kannust aurustus, ja ootasid lõpptulemust.

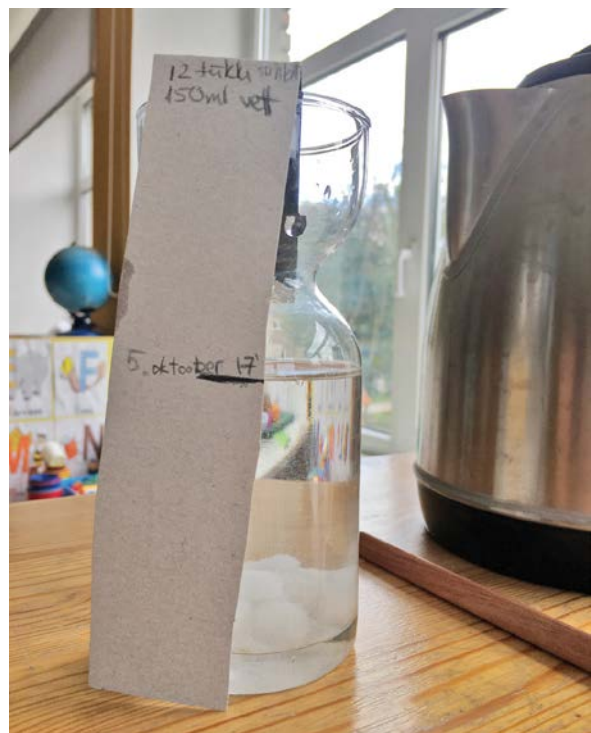
Üks päev pärast katsega alustamist küsisid õpetajad lastelt, millest nende arvates maailm koosneb ja kuidas molekulid sellega seotud võiksid olla. Õpetajad palusid lastel enda ideede kohta pildi joonistada.

Katse läbiviimise päevadel oli lastest iga päev kohal 5 last (1. päeval joonistasid lapsed pildi enne, kui nad olid midagi õppinud, 2. päeval

osalesid lapsed eksperimendis, 3. päeval joonistasid lapsed pildi pärast uute teadmiste omandamist).



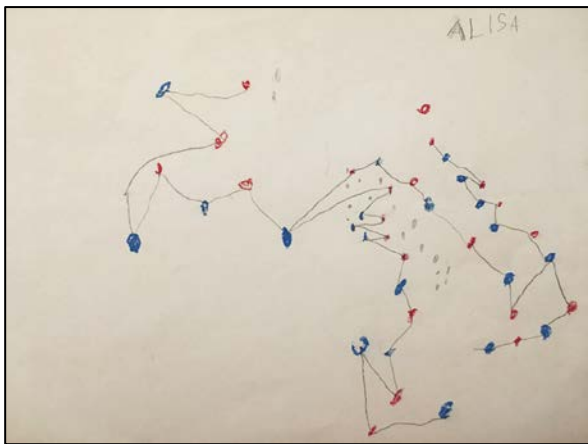
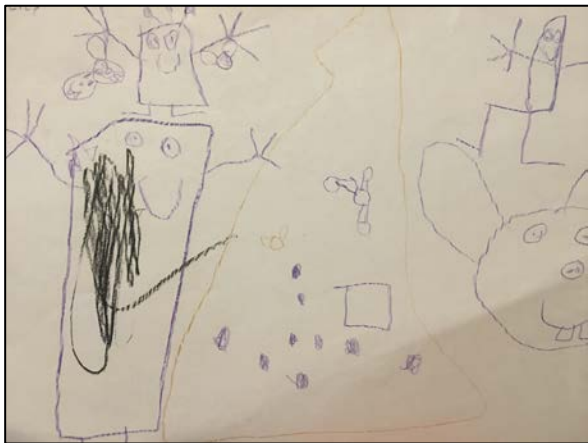
Joonis 8.



Joonis 9.

Lapsed mõistsid, et molekulid on väga väikesed – nii väikesed, et me ei näe neid palja silmaga.

Lõpuks olid nad jõudnud molekulaarmudelini.



Joonised 10 ja 11. Laste tehtud katse ja molekulide joonistus.

4. 2. UURIMISPROJEKT: STAATILISE ELEKTRI AVASTAMINE

Uurimisprojekti eesmärk

Uurimisprojekti eesmärk oli, et lapsed avastaksid katsetamise teel staatilise elektri.

Tegevuse kirjeldus

Vahendid: õhupallid, sildid (+ ja - märgid).

Kokku kestis katse 24 tundi: ettevalmistus, vahendite hankimine, uuringud, katse läbiviimine, laste poolt eksperimendi kohta piltide joonistamine, kokkuvõte.

Katse toimus Tallinna Asunduse lasteaias, kus õpivad lapsed vanuses 5-7 aastat. Katse viisid läbi õpetajad Eneli ja Kristel. Kokku võttis osa 13 last, 8 poissi ja 5 tüdrukut.

Nagu ka eelmises projektis, kasutasid kõik arutelud sokraatilisest meetodist.

http://failid.koolibri.ee/koduleht/lehitseja/fyysik_a_9_1/files/assets/basic-html/page4.html

Uurimistöö arendamine ja ettevalmistamine

Esiteks viisid õpetajad end antud teemaga kurssi. Nad tegid märkmeid, konsulteerisid üksteisega, planeerisid tegevusi, otsisid vajalikke materjale ja koostasid tegevuskava.

Päev enne katset küsisid õpetajad lastelt, mis juhtub, kui õhupalli vastu juukseid hõõruda. Õpetajad palusid lastel enda ideede kohta pilte joonistada.

Katse päeval läksid õpetajad varem rühma rühmaruumi, et panna valmis kõik vajalikud vahendid ja tekitada lastes elevust.

Tänu varem tehtud suhkrukatsele mäletasid lapsed mõningaid asju molekulide ja nende tähenduse kohta.

Teadusliku uurimise olemus (NOSI)

1. Vaatlus

Arutelu teemal „Mis juhtub, kui hõõrume õhupalli vastu juukseid?“.

Selle tegevusega avastavad lapsed, et õhupalli ja meie juuste vahel ilmub jõud. Elektrilise jõu kohta rääkisid lapsed seda, miks materjalid üksteist ligi tõmbavad, kui me ühte neist hõõrume.

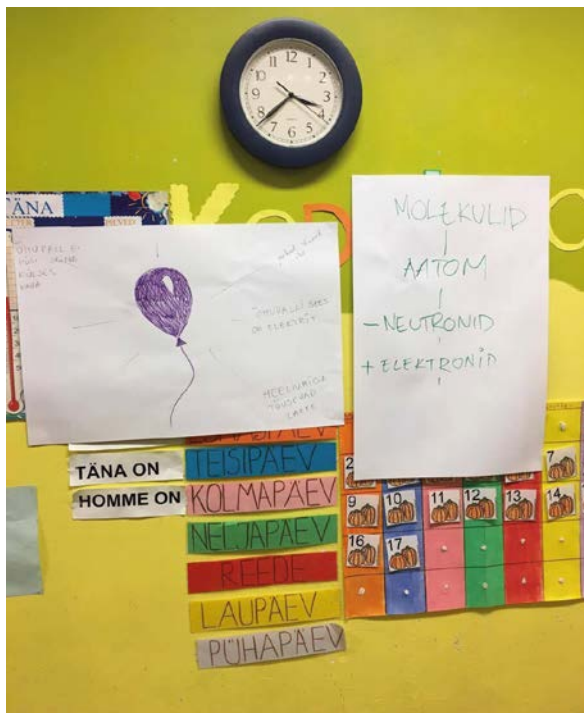
2. Katsetamine

Nähtuse uurimiseks viisime läbi mitmeid eksperimente, mis aitasid meil elektriseadusi avastada.

Arutlesime, et õhupalli ja juuste vahel tekib külgetõmbejõud, sest on olemas teine, erinev jõud ja seetõttu tõmmatakse neid ligi (uue kontseptsiooni tutvustamine: külgetõmme).

3. Alustasime uuringut. Hüpotees ja kontrollimine

Alustasime uurimist: iga laps sai katsetamiseks märgiga sildi, et hakata kontseptualiseerima positiivsete ja negatiivsete laengute ideed ja nende kujutamiseks kasutama „+“ (positiivne) ja „-“ (negatiivne) märke. Lapsed mängisid läbi asjaolu, et erinevate märkidega kaaslased tõmbasid üksteist ligi ja sama märgiga kaaslased pidid üksteist eemale tõukama.



Joonis 12.



Joonised 13 ja 14.



Joonis 15.

Hiljem viisid lapsed õhupalli seina juurde ja leidsid, et õhupall jääb selle külge kinni.

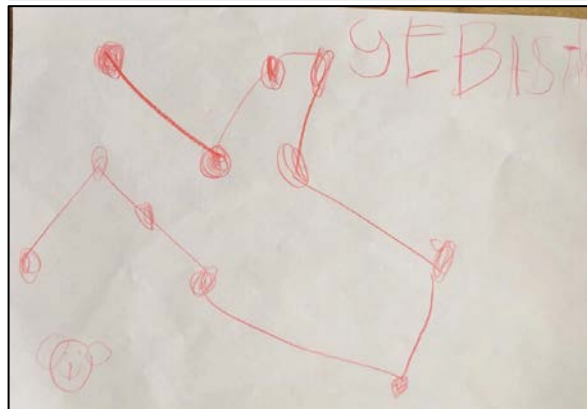
Lapsed ütlesid:

- „Meie juuksed tõusevad õhupalli juurde.“
- „Õhupallis on natuke elektrit.“
- „Õhk.“
- „Miks mu juuksed mustaks lähevad?“
- „Kuidas jõuab elektrienergia õhupalli sisse?“

Pärast arutelu jõudsimme mõningatele järeldestele. Sama märgiga laengud tõukavad üksteist eemale ja erineva märgiga laengud tõmbuvad üksteise ligi. Nii oli elektriseadusi lihtne avastada.



Joonis 16.



Joonised 18 kuni 20.



Joonis 17.

4. Tegevuse lõplik hindamine

Palusime lastel teha kodus täiendavaid katseid. See tähendas rohkemate elektrostaatiliste katsete tegemist, kus nad nägid samu nähtusi, mida olid juba avastanud.

Palusime lastel uuesti õhupalli hõõruda, kuid seekord panna see veejoa lähedale. Kontrollisime, et vesi tõmbus õhupalli poole.

Lapsed tulid pärast kodus katsetamist lasteaeda ja kirjeldasid, mis oli juhtunud. Mõned neist küsisid meilt „Miks?“ või „Aga kuidas saab vesi siksakke teha?“. Teised märkasid, et juhtus sama asi nagu õhupalli ja nende juustega.

Kolmel katse läbiviimise päeval oli lastest iga päev kohal 6 last (1. päeval joonistasid lapsed pildi enne, kui nad olid midagi õppinud, 2. päeval osalesid lapsed eksperimentis, 3. päeval joonistasid lapsed pildi pärast uute teadmiste omandamist).

Meie järeldused on, et lapsed mõistavad järgmist:

1. On olemas erinevad elektrilaengud ja need järgivad kindlaid seadusi.
2. Et need on maailma osa, mida silmadega ei näe.
3. Kuid selleks, et mõista õhupalli ja veejoa eksperimenti, on vaja jätkata uurimist, kuna lapsed peavad avastama, et vee molekulid on polaarsed, teisisõnu, neil on positiivne ja negatiivne laeng.

