

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Füüsika Instituut

Jaan Olev

**AHHAA-like põhikooli füüsika õppematerjalide loomine, õpetajate hinnangud ning
arendusettepanekud ja nende võimalik kasutamine teaduskeskuses AHHAA**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Peeter Jõeloo, MSc

Tartu 2019

Lühikokkuvõte

AHHAA-like põhikooli füüsika õppematerjalide loomine, õpetajate hinnangud ning arendusettepanekud ja nende võimalik kasutamine teaduskeskuses AHHAA

Õpilaste loodusteadusliku kirjaoskuse, sealhulgas füüsika oskuse tõstmiseks on üldhariduskoolides üha enam kasutusele võetud uurimuslikke ja õpilaskeskseid õppemeetodeid. Need meetodid vajavad kvaliteetseid õppematerjale, mis põhineksid tänapäeva haridusteadlaste ning erialaspetsialistide tippsaavutustel. Käesoleva töö eesmärgiks oli koostada õppematerjalina kaks põhikooli III kooliastme füüsikaalaste õpiväljundite saavutamist toetavat uurimusliku õppe tsüklil baseeruvat AHHAA-likku õppekaarti ning tuua välja õpetajate arvamused konkreetsetest loodud materjalidest, sealhulgas arendusettepanekud. Lisaks uuriti koostatud õppekaartide kasutuselevõtmist riiklikus teaduskeskuses AHHAA ning toodi välja antud tüüpi õppematerjalide kohta informatsiooni. Töö käigus valmisid AHHAA teaduskeskuse ja rahvusvahelise projekti Uuringulaegas vahelises koostöös valminud materjalidega ühtivad õppekaardid teemadel: valguse levimine, elektriline vastasmõju ja magnetnähtused. Õppematerjale hindasid füüsikaõpetajad, tagasiside oli üldiselt positiivne ning lisaks toodi välja arendusettepanekuid.

Märksõnad: uurimuslik õpe, õpilaskeskne õpe, füüsika õppematerjal, õppekaart, valgus, elekter ja magnetism. CERCS kood S270 "Pedagoogika ja didaktika sotsiaalteadused"

Abstract

Creating AHHA activity cards as learning tools, feedback from teachers and the potential usage in science center AHHA

Inquiry-based and student-centered learning methods have been on a rise during the past years in order to achieve greater scientific literacy and physics knowledge among students. Such methods require qualitative study materials based on the latest technological advances by educational scientists. The aim of this thesis is to create third school level learning tools for physics based on inquiry-based and student-centered methods and to bring out teachers opinions about created tools. Additionally the created materials were considered for usage in science center AHHA and information about AHHA learning cards was brought out. Two tools were created on topics “Light propagation” and “Electric interactions and magnetic fields”. Created materials were subject to rating by experts. Overall feedback was positive among which developmental suggestions were brought out.

keywords: inquiry-based learning, student-centered learning, physics learning materials, studycard, light, electricity and magnetism. CERCS code S270 "Social Sciences in Pedagogy and Didactics"

Sisukord

Sissejuhatus	4
1 Kirjanduse ülevaade	6
1.1 Loodusteadlik kirjaoskus	6
1.2 Õpilaste motivatsiooni kujunemine loodusainete õpetamisel	7
1.3 Uurimuslik õpe	9
1.4 Õppematerjali koostamine	10
1.4.1 Riiklik õppekava	10
1.5 ADDIE mudel	13
1.6 Töö eesmärk ja uurimisküsimused	14
2 Metoodika	15
2.1 Valim	15
2.2 Protseduur	16
2.2.1 Kavandamine	16
2.2.2 Väljatöötamine	20
2.3 Andmete kogumine ja hindamine	21
2.3.1 Piloottest	21
2.3.2 Ekspertide tagasiside küsitlus	21
2.3.3 Lühiintervjuu	22
2.4 Valguse täielik sisepeegeldumine ning elektriline vastasmõju ja magnetnähtused	22
3 Tulemused	24
3.1 Õpetajate küsitluse tulemused	24
3.2 Lühiintervjuu kokkuvõte	25
3.3 Välja töötatud õppematerjalid	26

3.3.1	Tegevuskaartide teke	34
3.3.2	Tegevuskaartide vajalikkus ja eripära	34
3.3.3	Magnet Spinner korrigeeritud füüsikaline kirjeldus	35
3.3.4	Kõver Valgus korrigeeritud füüsikaline kirjeldus	36
	Kokkuvõte	38
	Tänuõnad	40
	Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	41
	Kasutatud kirjandus	42
	Lisa 1	44
	Lisa 2	45
	Lisa 3	46
	Lisa 4	50
	Lisa 5	54
	Lisa 6	58
	Lisa 7	62

Sissejuhatus

Õpilaste motivatsiooniprobleemi lahendamisel on üheks tähtsaks tunnuseks uudsete õppemeetodite praktiseerimine. Kui tahame luua muutusi õppeedukuses, tuleb muuta õppestrateegiat. Haridusteaduse arengust tulenevalt on lähiaastakümneil kasutusele tulnud mitmed uued õppemeetodid. On välja toodud erinevus õpetajakeskses ja õpilaseskses lähenemises ning palju räägitud aktiivõppe alamliikidest, sealhulgas probleemõpe, uurimuslik õpe ja projektõpe.

Uurimuslik õpe kogub populaarsust teaduslikes õppekavades, rahvusvahelistes projektides kui ka õpetamises. Seda eelkõige tänu tehnoloogia arengule, info kättesaadavuse hüppelise tõusu tõttu. Nüüdisajal on raske leida inimest, sealhulgas noort õpilast, kellel ei oleks ligipääsu internetile. Veel enam on paljudel noortel ka nutitelefonid, mis tänapäevasel tasemel lubavad kiiresti vajaliku infopäringu teha, kasutades otsingumootorit. Uurimusliku õppe üheks tugevuseks on õpilaste kaasamine teaduslikku uurimisprotsessi. Pedaste M [1]

Üks tänapäeval kehtiv eesmärk on kõigile ühiskonna liikmetele tagada LK (loodusteadlik kirjaoskus). Õpilaste huvi suurendamine loodusteaduste vastu on lähiaastakümneil olnud pidevaks väljakutseks. Õpilased peaksid oskama loodusteaduslikke teadmisi kasutades igapäeva-elu probleeme lahendada ja ühiskonda puudutavaid otsuseid langetada. Seejuures on Rannikmäe (2001) välja toonud, et kõrgemat järku vaimsete võimete arendamisele ja mõtlemisvõimete nõudvatele ülesannetele ei pöörata piisavalt tähelepanu. Loodusteaduste ja tehnoloogia mõistmine mängib kesksel rollil noore ettevalmistumisel eluks, kuna see võimaldab täisväärtuslikult osaleda nüüdisaegses maailmas, kus loodusteadustel ja tehnoloogial on oluline roll. [2]

Põhikooli õpilaste negatiivset suhtumist füüsika õppimisse kujundavad päheõppimine ja õpetaja puudulik sooritus selgitamisel. Lisaks on välja toodud, et päheõppimist peetakse kõige ebameeldivamaks aspektiks füüsika õppimise juures. Näitena nimetasid uuritavad valemite ja raskete skeemide päheõppimist ning töölehtede täitmist päheõpitud materjali põhjal. Selgus, et kui oleks rohkem huvitavaid teemasid ja vähem päheõppimist, siis meeldiks ka füüsika rohkem. Seetõttu on vaja välja töötada ja levitada uudseid õppemeetodeid, õppematerjale. [3]

Hetkel on Eestis võimalik füüsika õppimiseks kasutada uutset AHHA teaduskesuse ja rahvusvahelise projekti Uuringulaegas koostöös välja töötatud õppekaarte ehk tegevuskaarte. Tegevuskaart seob endis uurimusliku õppe ja õpilaskeskse õppe tugevaid külgi. Loomisel tugineti Pedaste töös välja töötatud uurimusliku õppe mudelile.

On oluline püüda tähelepanu antud tüüpi uudsetele õppematerjalidele, nagu seda on tegevuskaardid, tuua välja taustainfot, sealhulgas hetkeseis ja tulevikuväljavaated. Töö käigus valmisid õppematerjalina kaks põhikooli III kooliastme füüsikaalaste teadmistega kooskõlas olevat AHHA-likku õppekaarti, selgitati välja õpetajate hinnangud ja arendusettepanekud. Lisaks toodi välja tegevuskaartide hetkeseis, sealhulgas populaarsus ja tuleviku väljavaated ning arutati materjalide kasutusele võtmist riiklikus teaduskeskuses AHHA.

Peatükk 1

Kirjanduse ülevaade

1.1 Loodusteadlik kirjaoskus

Loodusteaduse õpetamise üks eesmärk on arendada õpilaste loodusteadlikku kirjaoskust (LK). Loodusteadlikku kirjaoskust iseloomustavad oskus tõlgendada maailma enda ümber ja teha teaduslikel arusaamadatel põhinevaid otsuseid. Õpilased peaksid oskama loodusteaduslikke teadmisi kasutades igapäevaelu probleeme lahendada ja ühiskonda puudutavaid otsuseid langetada. Rannikmäe (2001) tõi loodusteaduslikku ja tehnoloogiaalast kirjaoskust uurides välja, et kõrgeimat järku vaimsete võimete arendamisele ja mõtlemisvõimet nõudvatele ülesannetele ei pöörata piisavalt tähelepanu. Loodusteaduste ja tehnoloogia mõistmine mängib kesket rolli noore ettevalmistumisel eluks, kuna see võimaldab täisväärtuslikult osaleda nüüdisaegses maailmas, kus loodusteadustel ja tehnoloogial on oluline roll. [4] [2]

Õpilaste huvi suurendamine loodusteaduste vastu on lähiaastakümneil olnud pidevaks väljakutseks. Kollo (2015) uuris põhikooli õpilaste suhtumist füüsika õppimisse kujundavaid tegureid. Peamised negatiivsed tegurid olid päheõppimine ja õpetaja oskamatus selgitada. Kollo tõi välja, et päheõppimist pidasid uuringus osalenud kõige ebameeldivamaks aspektiks füüsika õppimise juures. Näitena nimetasid uuritavad valemite ja raskete skeemide päheõppimist ja töölehtede täitmist päheõpitud materjali põhjal. Valim lisas, et kui oleks rohkem huvitavaid teemasid ja vähem päheõppimist, siis meeldiks ka füüsika rohkem. Seetõttu on vaja õpetajate seas tutvustada uudseid õppemeetodeid, õppematerjale. [3]

Üks tänapäeval kehtiv eesmärk on kõigile ühiskonna liikmetele tagada LK. Selle asemel, et LK omavad vaid teadlased, haritlased ning insenerid on oluline, et ülejäänud osa ühiskonnast omaks LK piisaval tasemel, et reageerida hinnangut andvalt teadlaste ja inseneride avastuste-

le. See tähendab, et LK piisaval tasemel oskav inimene suudab märgata teadlaste loomingus ohumärke. Näiteks kogus möödunud sajandil tähelepanu aatompommi leiutamine, mis on selgelt kogu Maa elanikke mõjutav tegur, seejuures ühiskonna suurem teadlikkus LKst on vajalik. Sedaviisi moodustame intelligentsema ühiskonna hoidmaks suurema tõenäosusega ära katastroofe. [5]

Lisaks teoreetilisele konstruktsioonile tähendab LK eesmärgi saavutamiseks vajaliku protsessi kirjeldust konkreetse lõppväljundita. Seetõttu hariduse arenedes muutub ajas LK mõiste. Loodusteadliku kirjaoskuse mõiste on 60 aasta pikkuse eksistentsi vältel olnud muutuses. Esialgu oli LK määratlus seotud kognitiivsete eesmärkidega, milleks on loodusteaduslik sisu, mille õpilane pidi loodusainete tundides omandama. 2012 seisuga määrati mõiste lahti seletamiseks kaks külge. Üheks neist on teaduslik sisu, mis vastab õppe eesmärkidele. Teiseks käsitletakse õpetamise eesmarke dimensionaalselt, st. vajalike teadmiste oskused ja tase ning õpetamise määratlus. Järelikult peame ajaga kaasas käies vastavalt põhimõistete muutumisele muutma ka meetmeid, mida kasutame. [6] [7]

1.2 Õpilaste motivatsiooni kujunemine loodusainete õpetamisel

Motivatsioon on lai mõiste, ning sellest tulenevalt leidub erinevates allikates mõningati erinevaid seletusi. Üldise definitsiooni võib sõnastada järgmiselt: motivaator on ese, asi või abstraktsne kujutis, mis paneb meid motivatsiooni eesmärgi suunas liikuma. Seejuures motivatsioon on midagi, mida kirjeldab eesmärk ning motivaatori olemasolu. See on põhjendatud, kuna sõna “motivatsioon” pärineb ladinakeelsest sõnast “movere” ehk liikuma panema.

Motivatsiooni sisu välja toomiseks liigitatakse see kaheks: sisemine motivatsioon, välimine motivatsioon. Välimise motivatsiooni korral motiveerib õpilasi tegevusele järgnev väline tasu, aga ka hirm negatiivse tagasiside ees. Sisemist motivatsiooni iseloomustab isiklik huvi, nauding tegevusest või muu emotsionaalne põhjus. Uurimuslik ja õpilaskeskne õppestiil toetavad õpilase sisemist motivatsiooni. [8]

Nüüdisajal on õpimotivatsioon olulisel kohal õpitulemuste seas. Seetõttu on õpetajatel oluline olla teadlik seda toetavatest ja pärssivatest teguritest. Motivatsiooniallikad saab jagada meisterlikkusele suunatud ja tulemusele suunatud saavutuseesmärkideks. Siinjuures meisterlikkusele suunatud õpilased püüavad õpitavale leida kasutust ning seda mõista. Vajadusel kogutakse li-

samaterjali juurde püüdes seoseid luua juba olemasolevaga. Tulemusele suunatud õpilaste puhul võtavad aset püüdlamine olla teistest paremad ning oma ebakompetentsuse varjamine. Sellest tulenevalt õpivad õpilased materjali tuimalt pähe, väldivad keerulisi, ebameeldivaid, negatiivse tagasisidega situatsioone. On ka selge, et kummagil juhul kasutatakse erinevaid õppemeetodeid. [9] [10]

Õpimotivatsioon näitab kui palju tähelepanu ja vaeva on õpilased nõus mingile tegevusele pühendama. Õpilaste huvi puudumisel tunni teema vastu ei ole neil ka motivatsiooni tunni tegevustest aktiivselt osa võtta. Seetõttu ei ole õpilane huvi puudumisel motiveeritud tunni teemasse süvenema. Välja on toodud teksti tunnuseid, mis aitavad õpilastes huvi tekitada:

- väljendusrikkus - välditakse ühekülgset
- kaasa kiskuvad detailid - põnev ning õpilase maailmapildiga seonduv info
- uudsed teadmised

Liblik (2015) tõi oma töös välja, et motivatsiooni tugevdavateks teguriteks on head hinded, kiitvad sõnad, õpetajast tingitud huvi tekitamine õpitava vastu ning huumorimeel. [11][12]

Tänapäeval arvestatakse motivatsiooni kujunemisel nii kognitiivsete, kui ka emotsionaalsete faktoritega. Kusjuures Leppik (2006) tõi muuhulgas välja õpilaste motiveerimisel oluliseks teguriks õigete töövõtete kasutamise. [13]

Õpilaste motivatsiooniprobleemi lahendamisel on üheks tähtsaks tunnuseks uudsete õppe-meetodite tutvustamine. Kui tahame luua muutusi õppe edukuses, tuleb muuta õppestrateegiat. Haridusteaduse arengust tulenevalt on lähiaastakümneil kasutusele tulnud mitmed uudsed meetodid. On välja toodud erinevus õpetajakeskses ja õpilaskeskses meetodis ning palju räägitud aktiivõppe alamliikidest, sealhulgas probleemõpe, uurimuslik õpe ja projektõpe.

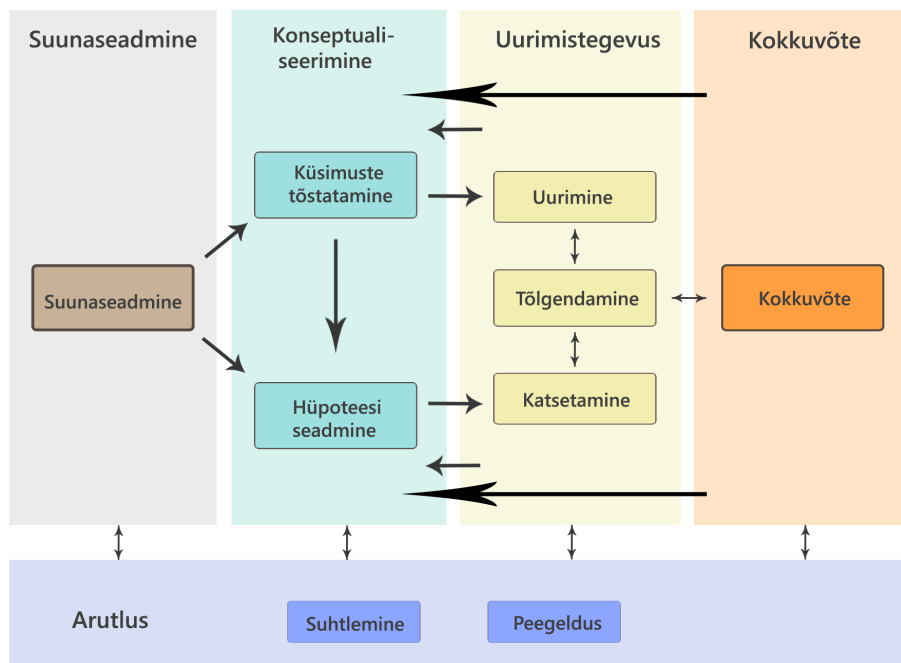
1.3 Uurimuslik õpe

Uurimuslik õpe kogub populaarsust teaduslikes õppekavades, rahvusvahelistes projektides kui ka õpetamises. Seda eelkõige tehnoloogia arengule, millega käib kaasas info kättesaadavuse hüppeline tõus. 2019. aasta seisuga on raske leida inimest, sealhulgas noort õpilast, kellel ei oleks ligipääsu internetile. Veel enam on paljudel noortel ka nutitelefonid, mis tänapäeval tasemel lubavad kiiresti vajaliku infopäringu teha, kasutades otsingumootorit.

Uurimuslik õpe on õppestrateegia, kus õpilane on justkui professionaalse teadlase rollis, kasutades konstruktsioonilt sarnaseid meetmeid kujundamiseks teadmisi. Kool ei suuda õpetada õpilastele kõike, mida vajavad. Parim viis õpetamiseks on panna nad olukorda, kus peavad ise leidma, mida peavad teadma hetkel, kui need teadmised on neile vajalikud (Seymour Papert). Uurimusliku õppe käsitlemisel kasutatavad mõisted on uurimusliku tsükkel, uurimusliku tsükli faasid ja uurimusliku õppe raamistik. [14]

Käesoleva sajandi üheks loodusteadusliku hariduse eesmärgiks on luua õpilastes loodusteaduslikku kirjaoskust. Üks võimalus seda eesmärki saavutada on kasutusele võtta uurimuslikud õppemeetodid. Uurimusliku õppe populaarsus ulatub mitmete riikide õppekavadesse, olles aksepteeritud haridusteadlaste ja õpetajate poolt. [15]

Pedaste jt. töid välja 32 artiklil põhjal uurimusliku tsükli põhilised küljed ning sünteesiti konkreetne tsükkel, ühtlasi uurimusliku õppe raamistik. Uuringu põhjal leiti, et uurimusliku tsükli moodustavad viis erinevat faasi. Need viis faasi olid: suunaseadmine, kontseptualiseerimine, uurimistegevus, järeldused ning arutlus. Faasid jagunevad omakorda alamfaasideks. Kontseptualiseerimine jaguneb küsimuste tõstatamiseks ning hüpoteesi seadmiseks. Uurimistegevus on neist laiem termin jagunedes kolme alamfaasi: uurimine, katsetamine, tõlgendamine. Lisaks on arutluse osa kahest osast koosnev, nendeks on: suhtlemine ja teadmiste peegeldamine. [1]



Joonis 1.1: M. Pedaste tööle tuginev uurimusliku õppe tsükli raamistikku kujutav joonis.

1.4 Õppematerjali koostamine

Õppematerjal on õppeprotsessi üks põhilisi osi. Seetõttu tuleb õppematerjali koostamisel lähtuda põhikooli riiklikus õppekavas seatud tingimustest. Õppematerjali koostamisel tuleb arvestada põhikooli riiklikus õppekavas seatud sihte, pädevusi ja rõhuasetusi III kooliastmes.[16]

1.4.1 Riiklik õppekava

Põhikooli riikliku õppekava 2. jaos "Õppe- ja kasvatusesmärgid" on välja toodud: (3) Põhikooli ülesanne on luua õpilasele eakohane, turvaline, positiivselt mõjuv ja arendav õppekeskkond, mis toetab tema õpihimu ja õpioskuste, enesepeegeldamise ja kriitilise mõtlemisvõime, teadmiste ja tahteliste omaduste arengut, loovat eneseväljendust ning sotsiaalse ja kultuurilise identiteedi kujunemist. Alljärgnevalt on toodud põhikooli riiklikus õppekavas kirjas olevad pädevused ja rõhuasetused.

Üldpädevustest toob autor esile järgmised:

- Õpipädevus – suutlikkus organiseerida õppekeskkonda individuaalselt ja rühmas ning hankida õppimiseks, hobideks, tervisekäitumiseks ja karjäärivalikuteks vajaminevat tea-

vet; planeerida õppimist ja seda plaani järgida; kasutada õpitut erinevates olukordades ja probleeme lahendades; seostada omandatud teadmisi varemõpituga; analüüsida oma teadmisi ja oskusi, motiveeritust ja enesekindlust ning selle põhjal edasise õppimise vajadusi;

- Suhtluspädevus – suutlikkus ennast selgelt, asjakohaselt ja viisakalt väljendada nii emakeeles kui ka võõrkeeltes, arvestades olukordi ja mõistes suhtluspartnereid ning suhtlemise turvalisust; ennast esitleda, oma seisukohti esitada ja põhjendada; lugeda ning eristada ja mõista teabe- ja tarbetekste ning ilukirjandust; kirjutada eri liiki tekste, kasutades korrektset viitamist, kohaseid keelevahendeid ja sobivat stiili; väärtustada õigekeelsust ja väljendusrikast keelt ning kokkuleppel põhinevat suhtlemisviisi;
- Matemaatika-, loodusteaduste ja tehnoloogiaalane pädevus – suutlikkus kasutada matemaatikale omast keelt, sümboleid, meetodeid koolis ja igapäevaelus; suutlikkus kirjeldada ümbritsevat maailma loodusteaduslike mudelite ja mõõtmisvahendite abil ning teha tõenduspõhiseid otsuseid; mõista loodusteaduste ja tehnoloogia olulisust ja piiranguid; kasutada uusi tehnoloogiaid eesmärgipäraselt;
- Ettevõtlikkuspädevus – suutlikkus ideid luua ja ellu viia, kasutades omandatud teadmisi ja oskusi erinevates elu- ja tegevusvaldkondades; näha probleeme ja neis peituvaid võimalusi, aidata kaasa probleemide lahendamisele; seada eesmärged, koostada plaane, neid tutvustada ja ellu viia; korraldada ühistegevusi ja neist osa võtta, näidata algatusvõimet ja vastutada tulemuste eest; reageerida loovalt, uuendusmeelselt ja paindlikult muutustele; võtta arukaid riske;
- Digipädevus – suutlikkus kasutada uuenevat digitehnoloogiat toimetulekuks kiiresti muutuvas ühiskonnas nii õppimisel, kodanikuna tegutsedes kui ka kogukondades suheldes; leida ja säilitada digivahendite abil infot ning hinnata selle asjakohasust ja usaldusväärsust; osaleda digitaalses sisuloomes, sh tekstide, piltide, multimeediumide loomisel ja kasutamisel; kasutada probleemilahenduseks sobivaid digivahendeid ja võtteid, suhelda ja teha koostööd erinevates digikeskkondades; olla teadlik digikeskkonna ohtudest ning osata kaitsta oma privaatsust, isikuandmeid ja digitaalset identiteeti; järgida digikeskkonnas samu moraali- ja väärtuspõhimõtteid nagu igapäevaelus;

Eraldi on välja toodud III kooliastmes taotletavad pädevused. Astme lõpus õpilane:

- On teadmishimuline, oskab õppida ja leida edasiõppimisvõimalusi, kasutades vajaduse korral asjakohast nõu
- On ettevõtlik, usub iseendasse, kujundab oma ideaale, seab endale eesmärgid ja tegutseb nende nimel, juhib ja korrigeerib oma käitumist ning võtab endale vastutuse oma tegude eest
- Suudab end olukorda ja suhtluspartnereid arvestades kõnes ja kirjas selgelt ja asjakohaselt väljendada, mõista ja tõlgendada erinevaid tekste, tunneb ja järgib õigekirjareegleid
- Suudab lahendada igapäevaelu erinevates valdkondades tekkivaid küsimusi, mis nõuavad matemaatiliste mõttemetodite (loogika ja ruumilise mõtlemise) ning esitusviiside (valemitte, mudelite, skeemide, graafikute) kasutamist
- Oskab esitada loodusteaduslikke küsimusi, nende üle arutleda, esitada teaduslikke seisukohti ja teha tõendusmaterjali põhjal järeldusi
- Mõtleb süsteemselt, loovalt ja kriitiliselt, on avatud enesearendamisele

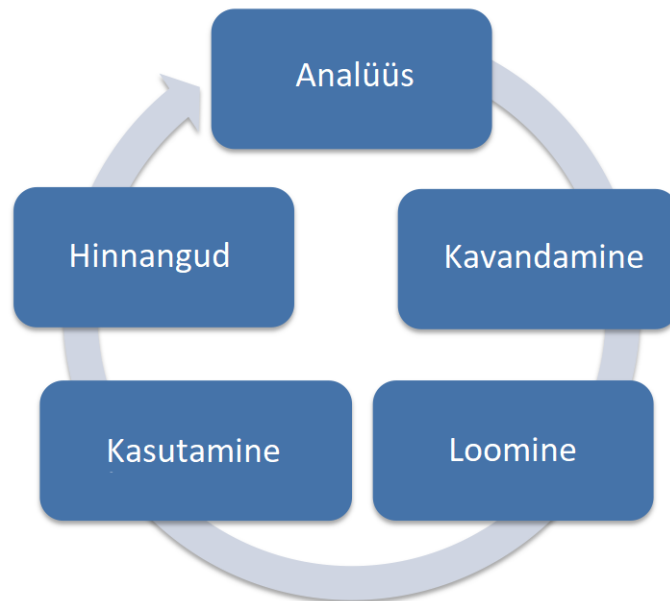
Rõhuasetus kolmandas kooliastmes kuulub:

- Õpimotivatsiooni hoidmisele
- Õppesisu ja omandatavate oskuste seostamisele igapäevaeluga ning nende rakendatavuse tutvustamisele tulevases tööelus ja jätkuõpingutes
- Erinevate õpistrateegiate teadvustatud kasutamisele ning enesekontrollimise oskuse arendamisele
- Pikemaajaliste õppeülesannete (sealhulgas uurimuslike õppeülesannete) planeerimisele, eesmärkide püstitamisele ja oma tulemuste hindamisele
- Õpilaste erivõimete ja huvide arendamisele
- Õpilaste toetamisele nende edasiste õpingute ja kutsevalikute tegemisel

[16]

1.5 ADDIE mudel

Õpiobjektide väljatöötamisel kasutatakse ADDIE mudelit. ADDIE mudel on õppematerjalide väljatöötamise kirjeldamiseks sobiv valik. Mudel pärineb 1970. aastatest, kusjuures puudub täpne päritolu. Antud meetodi kohaselt jaotub arendustöö viieks etapiks, mida kirjeldab alljärgnev joonis.[17]



Joonis 1.2: ADDIE mudeli etappe kujutav joonis.[17]

Analüüsi etappi iseloomustavad tegevused:

- Sihtgrupi analüüs
- Vajaduse analüüs
- Õpieesmärkide määratlus
- Vajaduse leidmine

Kavandamisel on oluline:

- Analüüsida tegevusi
- Väljundid sõnastada
- Valida hindamisstrateegia

Loomist iseloomustavad:

- Loomingu sisu väljatöötamine
- Õpetaja juhendi koostamine
- Muudatuste ja täienduste tegemine
- Piloottestimine

Kasutamise etapi alla kuuluvad:

- Õpilaste ettevalmistus
- Õpetajate ettevalmistus

Hinnangute kogumise etappi kuulub:

- Hinnangukriteeriumide määratlemine
- Hindamisvahendite selekteerimine
- Hindamise läbiviimine

[17]

1.6 Töö eesmärk ja uurimisküsimused

Käesoleva töö eesmärgiks oli koostada õppematerjalina kaks põhikooli III kooliastme füüsikaalaste õpiväljundite saavutamist toetavat uurimusliku õppe tsüklil baseeruvat tegevuskaarti ning tuua välja õpetajate arvamused konkreetsetest loodud materjalidest, sealhulgas arendusettepanekud. Lisaks uuriti koostatud õppekaartide kasutusele võtmist riiklikus teaduskeskuses AHHA.

Eesmärgi saavutamiseks püstitati uurimisülesanded ja uurimisküsimused:

- Töötada välja kaks uurimusliku õppe tsüklil baseeruvat AHHA-likku füüsika õppematerjali põhikooli III kooliastme füüsika teadmiste omandamiseks.
- Millised on ekspertide hinnangud loodud õppematerjalidele?
- Millised on ekspertide arendusettepanekud loodud materjalidele?

Peatükk 2

Metoodika

Töö eesmärgiks oli koostada kaks põhikooli III tasemele suunatud füüsikaalast õppematerjali tegevuskaartide näol ning välja selgitada ekspertide hinnangud loodud materjalile. Lisaks arutleti materjalide kasutuselevõtmist riiklikus teaduskeskuses AHHA ning toodi välja konkreetselt projekti uuringulaegas ja AHHA keskuse koostöös loodud õppekaartide kohta informatsiooni. Materjalide väljatöötamisel kasutas autor ADDIE mudelit. ADDIE mudel on sobiv õppematerjalide väljatöötamiseks. Tegevuskaartide koostamisel viidi läbi piloottest ühes koolis kahe erineva klassi näitel. Materjalide hindamiseks koguti tagasisidet põhikooli füüsikaõpetajatelt küsimustiku abil.

2.1 Valim

Õpetajate küsitluse valim koostati mugavusvalimi põhimõttel, seades eelistuseks Tartu linna kuuluvate põhikoolide füüsikaõpetajad. Autor kogus interneti avalikult kättesaadavatest allikatest kümne õpetaja e-posti aadressid. Vastavatele aadressidele saadeti uuringus osalemiseks palve. Ekspertidel paluti tutvuda õppekaartidega ning täita küsimustik. Osalema nõustusid neli õpetajat. Alljärgnev tabel kirjeldab valimisse kuuluvaid eksperte.

Tabel 2.1: Valimisse kuuluvad eksperdid.

Ekspert	Ekspert1	Ekspert2	Ekspert3	Ekspert4
Kool	Kuusalu Kesk- kool	Tartu Kivilin- na Kool	Tartu Raatuse Kool	Tartu Forseliu- se Kool
Amet	Füüsikaõpetaja	Füüsika- ja matemaatika- õpetaja	Füüsika ja loo- dusainete õpe- taja	Füüsika- ja matemaatika- õpetaja
Varem kasu- tanud tege- vuskaarte	Jah	Ei	Ei	Jah

Piloottesti rakendati samuti mugavusvalimi põhimõttel. Valituks osutus Tartu Forseliuse Kool, sest see oli autorile kättesaadav. Test viidi läbi kahe klassi näitel. Klassideks olid 8. ja 9. klass. Testid viidi läbi füüsikatunni raames. Töid viis läbi ja õpilasi juhendas käesoleva töö autor.

2.2 Protseduur

Materjalide loomise protseduuri kirjeldati kolmes etapis. Esimeseks etapiks oli tegevusprotsessi kavandamine. Kavandamine loob eeldused järgmise etapiga tegelemiseks. Teiseks etapiks oli väljatöötamine, väljundiks saada hindamiseks valmis õppematerjalid. Protseduuri viimases osas toimus loodud materjalide 0.5 versiooni hindamine ekspertide kirjalike arvamuste põhjal, toodi välja arendusettepanekud ning töötati välja versioonid 0.9. Lisaks arutleti loodud õppematerjalide kasutuselevõtu üle teaduskeskuses AHHA.

2.2.1 Kavandamine

Töö kavandamisel tõstatas autor hulga küsimusi, mis saab sisu poolest kokku võtta järgmiselt:

- Kes on sihtgrupp?
- Millised füüsika teemad valida õppematerjalide sisuks?
- Millised eksperimendid valitud teemasid esindama sobiksid?

- Mille põhjal koostada toorikversioonid materjalidest?
- Kuidas sobitada tegevustikud AHHAA tegevuskaartidega?
- Millised küsimused koostada ekspertidele?

Sihtgrupi valikul ei seatud kvantitatiivseid tingimusi. Valikuks osutus põhikooli III kooliaste. Konkreetsete füüsika teemade fikseerimisel tuli autoril samaaegselt arvestada võimalike eksperimentidega. Potentsiaalsete katsete kogumiseks kasutati Google otsingut ning Youtube videobaasi. Sobivate füüsikaeksperimentide valimisel toimus tagasiside suhtluse vormis Forseliuse kooli füüsikaõpetajaga ja AHHAA keskuse haridustegevuste juhiga. Suhtlusel kasutati e-posti. Lisaks võttis autor arvesse juba olemasolevaid tegevuskaarte, et vältida teemade kattumist materjalides. Valitud katseteks osutusid valguse täieliku sisepeegelduse efekti esilekutsumine ning elektrivoolu ja magnetvälja koosmõjul pöördliikumise saavutamine.

Sobitamaks materjalid AHHAA tegevuskaartidega pöördus töö koostaja teaduskeskus AHHAA haridustegevuse juhi poole. Autor kogus näpunäiteid, mille hulgas oli tegevuskaartide struktuurikavand. Esimesed mustandid uurimusliku õppe tsükli põhinevatest õppematerjalidest koostati võttes aluseks M.Pedaste mudeli ning AHHAA tegevuskaartide inseneeria tüüpi tegevuskaardid. Pedaste mudelis on õppetsükli kirjeldamiseks viis faasi: Suunaseadmine, kontseptualiseerimine, uurimistegevus, järeldused ning arutus. AHHAA stiilis tegevuskaardid koostatakse lähtudes nelja tüüpi kavandist: laboratoorne töö, häkaton, inimkatsed, vaatlus ja inseneeria. Käesolevas töös koostatud õppematerjalid kuulusid inseneeria tüüpi õppekaartide alla. Kavand koosneb kolmest osast: esikülg, tagakülg ning õpetajajuhend.

Esikülje moodustavad:

- Pealkiri
- Suunaseadmine - põnev fakt, mis on õpilastele tõenäoliselt tähenduslik ja häälestab neid järgnevale tööle
- Ülesanne - ühe lausega ülesande kirjeldus
- Abiinfo - faktid jm, mis on vajalik töö teostamiseks
- Tähelepanu - kõik, mida tuleb katsetes silmas pidada
- Katsetamine

- Tulemus - õnnestus või ei õnnestunud
 - Lisainfo - Põnevad faktid, mis ei ole otseselt vajalikud töö sooritamiseks
-

Tagakülje moodustavad:

- Katse planeerimine
 - Tulemused
 - Elulised ülesanded omandatud teadmiste rakendamiseks
 - Märksõnad googeldamiseks
-

Õpetajajuhendi moodustavad:

- Kestvus - annab õpetajale hinnangulise kestvuse
- Seotud teemad
- Materjalid tööühma kohta
- Kuidas teha
- Teoreetiline taust
- Märksõnad googeldamiseks

Väljatöötamiseks seati valmivatele materjalidele tingimused, mida kirjeldab alljärgnev tabel.

Tabel 2.2: Materjali kujundamisel seati tingimused.

Kvalitatiivsed tingimused	Kvantitatiivsed tingimused
Tegevustik on eelkõige põhikooli õpilasele huvitav, kaasahaarav ning õpetlik protsess.	Tegevuskaart ei korda juba olemasolevaid tegevuskaarte.
Tegevustiku keerukus ei oleks äärmuslik.	Tegevuskaart seob endas 8nda ja 9nda klassi füüsika Riiklikus õppekavas sisalduvad teemad.
Tegevustik paneb õpilase kaasa mõtlema antud nähtuse esilekutsumise protsessis.	Tegevuskaart sisaldab uurimusliku ja õpilaskeskse õppe külgi.
Keskmisest suurema uudishimuga osalejatel on võimalik saada lisateadmisi.	Tegevuskaart on rakendatav rühmatöona.
Materjal toetab õpilase LK arengut.	Tegevuskaart ühtib senise loominguga AHHA keskus.
Arendab õpilases uurimuslikke oskusi.	

Materjalide testimisel viidi läbi piloottest Tartu Forseliuse kooli 7. ja 9. klassi näitel. Piloottesti eesmärk oli välja selgitada loodud materjalide ilmsemad vead. Ilmsete vigade hulka kuuluvad: ajaline kestvus, töö sooritatavuse raskusaste, sisulised vead.

Töö üks eesmärk oli välja selgitada ekspertide hinnangud ja arendusettepanekud loodud materjalidele. Eesmärgi saavutamiseks koostati küsimustik. Küsimuste koostamisel arvestati, et lugeja saaks ülevaate koostatud õppematerjalide reaalsest kasutamiskõlblikkusest ning ekspertide soovitusel järgmiste tegevuskaartide loomisel. Ankeet oli suunatud põhikooli füüsikaõpetajatele.

2.2.2 Väljatöötamine

Nähtuste valikul koostati nimekiri autorile teadaolevatest ja internetist leitud katsetest, teadus-eksperimentidest. Olulisel kohal peeti silmas, et nähtus ei kordaks juba eksisteerivaid õppekaarte.

Järgnevalt katsetati erinevatest allikatest leitud katseid, pidades silmas katse või nähtuse potentsiaali kujundada sellest tegevuskaart. Protsessi käigus toimus tagasiside ka põhikooli füüsikaõpetajaga ning AHHA keskuse haridustegevuse juhiga. Valituks osutusid teemad “Valguse täielik sisepeegeldumine” ja “Elektriline vastasmõju ja magnetnähtused”. Eelnimetatuist esimest esindab täieliku sisepeegelduse esilekutsumine laserkiirel avast väljuvas veejoas. Elektri- ja magnetnähtuse eksperimendiks kujunes pöörleva fooliumist ketta üles seadmine kasutades vooluallikat ning püsिमagneteid. Väljakutseks oli antud katsed uurimuslikuks õppematerjaliks kujundada.

Kõigepealt koostas autor toorikversiooni teemale “Valguse täielik sisepeegeldumine” (Lisa 7). Koostamisel lähtuti omal käel eksperimenteerimise kogemusest ning olemasolevatest AHHA tegevuskaartidest. Toorik kujutas endast õppekaardi suunatud uurimisprotsessi. Mustandi eesmärgiks oli saada vastus küsimusele: kas antud eksperimendi uurimuslikuks tegemine tegevuskaardi näol tekitab vastuolusid katse olemusega? Vastus oli eitav.

Järgmisena koostas autor tegevuskaartide tekstipõhised sisendid. Koostamisel oli aluseks teaduskeskuse haridustegevuse juhilt saadud inseneeria tüüpi tegevuskaartide struktuurikavand. Sisend koosnes esikülje, tagakülje ning õpetajajuhendi materjalist. Kokku loodi kaks sisendite komplekti, kumbki ühe valitud teema kohta. Tekstipõhiste sisendite kirjutamisel kasutas autor interneti otsingumootorit Google, et leida sobivat informatsiooni. Lisaks jälgis autor, et materjal vastaks ülal kirjeldatud kvalitatiivsetele tingimustele. Sisendid edastati kujundajale, kes koostas AHHA-likud inseneeria tüüpi tegevuskaartide algversioonid vastavalt sisenditele. Algversioonidega (Lisa 3, Lisa 4) viidi läbi piloottest Tartu Forseliuse koolis 7. ja 9. klassi näitel. Piloottesti eesmärk oli näidata, mida oleks vaja materjalides muuta ning kas nad üldse potentsiaalselt toimivad. Edasi koostas autor üheksast küsimusest koosneva ankeedi materjalide (Lisa3, Lisa 4) hindamiseks. Ankeeti kutsuti täitma kümme põhikooli füüsikaõpetajat, kellest neli olid nõus vastama. Tagasiside koguti interneti teel kasutades Google Forms rakendust. Tegevuskaartide versioon 0.5 edasi arendamisel andis oma panuse ka AHHA keskuses töötav füüsik, kes aitas leida üles vead materjalides ning juhtida tähelepanu ebakindlatele asjadele. Õpetajate tagasisidet ning füüsiku poolt leitud vigu arvestades koostas autor arendustegevuste nimekirja.

Nimekiri esitati taas kujundajale, et valmiks korrigeeritud tegevuskaardid (lisa 5, lisa 6).

2.3 Andmete kogumine ja hindamine

2.3.1 Piloottest

Töö algversioonide hindamisel kasutas autor piloottestimist. Testimine viidi läbi Tartu Forse-liuse põhikooli 8. ja 9. klassis. Testimise eesmärk oli välja selgitada, kas loodud materjalide (lisa 3, Lisa 4) algversioonid on rakendatavad 45 minuti ehk ühe koolitunni jooksul ning kas õpilased saavad tegevustega hakkama. Lisaks oli oluline tähele panna, et ülesanne ei oleks liialt lihtne. 8. klassiga viidi testimine läbi õppekaarti “Kõver Valgus” kasutades. “Magnet Spinner” katsetati 9.klassi näitel. Materjale kasutati 2-4 liikmelistes rühmades õpilaste vabal valikul. Kui rühmad saavad tegevuskaartide täitmisega 45 minuti jooksul hakkama ilma juhendaja liigse sekumiset, siis järelikult ei ole õppematerjalid liialt keerukad ega ka liialt lihtsad. Kontrolliti ka, et eksperimentide sooritamiseks vajaminevad abivahendid oleksid piisavad.

2.3.2 Ekspertide tagasiside küsitlus

Töö raames valmistatud õppekaartidele ekspertide tagasiside kogumiseks koostati mõõtevahendina küsimustik (Lisa 2). Küsimustik koosnes üheksast küsimusest, millest kaheksa olid valikvastustega ning üks arendusettepanekuid puudutav küsimus oli avatud. Iga valikvastusega küsimuse juures oli võimalus vastajal lisada oma sõnadega vastus variandi “muu” all.

Koostamisel peeti oluliseks, et tagasiside täidaks eesmärged:

- Toob esile materjalide nõrgad kohad.
- Annab käesoleva töö lugejale praktilise ülevaate.
- Toob välja ekspertide arendusettepanekud.

Tagasiside kogumiseks otsustas autor kasutada Google Forms veebipõhist küsimustikku. Õppematerjalid saadeti küsitluses osalejatele elektroonselt. Õpetajad andsid hinnangud elektroonselt saadetud materjalide põhjal.

2.3.3 Lühiintervjuu

Töö raames viidi läbi lühiintervjuu SA Teaduskeskus AHHA haridustegevuste juhi, Pille Randjärvega. Intervjuu eesmärk oli koguda informatsiooni tegevuskaartidest, sealhugast tegevuskaartide tekkimisest, senisest kasutajaskonnast ning tulevikuväljavaadetest. Autor pidas intervjuud oluliseks, kuna AHHA tegevuskaardid on suhteliselt uued (alates 2017) ning autorile teadaolevalt puudub avalik informatsioon, millele viidata. Intervjuu võttis aset 2018. aasta kevadel.

Intervjuu tüübiks oli poolstruktureeritud intervjuu. Intervjuu koosnes seitsmest avatud küsimusest (Lisa 1), mis esitati intervjuueeritavale ning tagasiside saadi elektrooniliselt.

2.4 Valguse täielik sisepeegeldumine ning elektriline vastasmõju ja magnetnähtused

Valguse levikul ühest optilisest keskkonnast teise muutub leviku suund vastavalt Snelli murdumiseadusele. Valguskiire langemisnurka ja murdumisnurka siinuste suhe on konstant, mis iseloomustab antud optilisi keskkondi.

$$\left(\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}\right) = n_{12}. \quad (2.1)$$

Siin θ_1 on langemisnurk, θ_2 on murdumisnurk ning n_{12} on teise keskkonna murdumisnäitaja esimese suhtes.

Kui esimene keskkond on teisest optiliselt tihedam, siis saab toimuda täielik sisepeegeldumine. Vajalik on, et langemisnurk oleks suurem teatud piirnurgast. Piirnurk leitakse Snelli võrrandist teades murdumisnäitajat ning seades murdumisnurka väärtuseks 90 kraadi. Vee ja õhu korral toatemperatuuril on murdumisnäitaja ligikaudu $3/4$. Rakendades seost 1.1 arvestades, et $n_{12} = 3/4$ ja $\theta_2 = 90$ kraadi teostatakse järgnevad tehted.

$$\left(\frac{\sin \theta_1}{\sin 90}\right) = 3/4.$$

$$\sin \theta_1 = 3/4.$$

$$\theta_1 = \arcsin 3/4.$$

$$\theta_1 \approx 48.6.$$

Näeme, et langemisenurga väärtus, mis vastab murdumisnurgale 90 kraadi, on ligikaudu 48.6 kraadi.

Magnetväljas \vec{B} liikuvale osakesele laenguga q , kiirusel \vec{v} mõjub jõud \vec{F} , mis on risti suunatud laengukandja liikumise suunaga ning magnetvälja vektoriga.

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

[18]

Peatükk 3

Tulemused

Töö uurimisküsimused ja uurimisülesanded olid:

- Töötada välja uurimusliku õppe tsükliil baseeruvad AHHA-likud füüsika õppematerjalid põhikooli III kooliastme füüsika teadmiste omandamiseks.
- Millised on ekspertide hinnangud loodud õppematerjalidele?
- Millised on ekspertide arendusettepanekud loodud materjalidele?

Esimese uurimisülesande lisaväljundiks oli kooskõlastada loodud materjalid AHHA teaduskeskuse ja projekti Uuringulaegas koostöös valminud tegevuskaartidega ning välja selgitada käesolevas töös loodud materjalide kasutusele võtmine teaduskeskuses AHHA. Lisaks viidi läbi intervjuu AHHA teaduskeskuse haridustegevuse juhiga, et tuua välja taustainformatsiooni tegevuskaartide kohta.

3.1 Õpetajate küsitluse tulemused

Uurimuse tulemusena valmisid koostöös AHHA keskusega õppematerjalidena kaks tegevuskaarti teemadel “Valguse täielik sisepeegeldumine” ja “Elektriline vastasmõju ja magnetnähtused”. Järgnevalt on toodud välja uurimisküsimustele “Millised on ekspertide hinnangud loodud õppematerjalidele?” ja “Millised on ekspertide arendusettepanekud loodud materjalidele?” uurimise tulemusena leitud vastused. Osalenutest pooled olid varasemalt kokku puutunud taoliste õppematerjalidega. Üks osalenutest kasutas tegevuskaarte Teadlasteöö festivali raames. Kõik neli eksperti nõustusid, et materjal “Kõver Valgus” on kooskõlas põhikooli III kooliastme füüsika teadmistega. Seejuures “Magnet Spinner” teoreetiline sisu võib kahe eksperdi ar-

vates osutada keeruliseks. Vaatamata ekspertide arvamusele sai 9. klass hakkama õppekaardi “Magnet Spinner” tegevustikuga piloottestimise käigus. Siiski oli toodud, et “Elektrimootori tööpõhimõtet 9. klassis õpitakse, kuid Lorentzi jõust ei räägita.” Üldiselt olid eksperdid nõus, et materjalid on parajalt kaasahaaravaks põhikooli õpilasele, kusjuures kaarti “Kõver Valgus” peeti kõikide õpetajate poolt parajalt kaasahaaravaks väljakutseks. Vastustes eristus, et 9. klassi õpilased saavad “Magnet Spinner” ehitamisega hakkama, aga selle taga olev teooria on nende jaoks liiga keeruline. Üks õpetaja arvas, et “Magnet Spinner” võib osutada liiga keeruliseks.

Uuringus osalenud nõustusid ühiselt, et õppekaardi “Kõver Valgus” õpetajajuhend on materjali kasutamiseks piisavalt selgitav. “Magnet Spinner” kaardi õpetajajuhendi kohta märkis üks vastanu, et sooviks lisaks selgitavaid pilte ja jooniseid edukast katseobjektist.

Arendusettepanekuna vastati, et õpetajajuhendid on selgitavad, kuid rohkem võiks rõhku asetada joonistele ja/või selgitavatele videotele. Materjalides sisalduv tekst võiks olla mustvalgelt printides kindlasti nähtav, kuna koolides ei pruugi olla värviprinterit. Üks ekspert tõi välja soovitusena arendada tegevuskaarte kogu kursuse jaoks (optika, mehhaanika, elekter, tuumaenergia, magnetism ja soojusõpetus). Piloottestimist kõrvalt näinud ekspert arvas, et loodud materjalidega on kõik hästi, kuna õpilastele meeldis ja töölehe täitmine õnnestus kõigil. Veel soovitati, et samade katsevahenditega võiks veel midagi põnevat luua. Küsimusele, “Kas olete huvitatud tulevikus õpetamisel kasutama loodud õppekaarte?” vastasid kõik eksperdid ühismeelel “jah”.

Üldiselt oli tagasiside positiivne ning vastustest on näha huvi antud õppematerjalide vastu.

3.2 Lühiintervjuu kokkuvõte

Intervjuu eesmärk oli välja tuua informatsiooni tegevuskaartidest üldisemalt, sealhulgas tegevuskaartide tekkimisest, senisest kasutajaskonnast ning tulevikuväljavaadetest. Järgnevalt on toodud intervjuu põhjal koostatud ülevaatlik kirjeldus tegevuskaartidest. Intervjuu toimus 2018. aasta kevadel.

AHHAA keskus loodi 1997. aastal ning juba siis tõsteti esile praktilised nõkäd küljes tegevused. Seejuures on rühmatööd olnud kasutusel juba näiteks eksponaatidega seoses olevate ülesannete lahendamisel. Tegevuskaardid said alguse rahvusvahelise projekti Uuringulaegas raames välja pakutud ideest luua uurimuslikule mudelile vastavad tegevused. Tegevuste kujundamisel põhineti M. Pedaste et al (2015) artiklis sünteesitud uurimusliku õppetsükli mudelile.

Lisaks peeti oluliseks, et materjalid oleksid õpilaskeskse suunaga.

Esimesed tooted tehti avalikuks Uuringulaeka kodulehel aastal 2017, ning enamik õppekaartidest lisati 2018. aasta alguses. Pille märkis, et olemasolevad versioonid ei ole veel lõplikud ning päris valmis plaanitakse saada 2018. aasta Teadlaste Öö festivaliks, kus saavad koolide esindajad tegevuskaarte kasutada. Seejuures viib AHHA läbi ka koolitusi, juhendades õpetajaid tegevuskaarte kasutama.

Õppekaardid said oma esimese ilme AHHA töötajate poolt, kui lähtuti kasutusel olevatest töötubadest ning internetist ja mujalt maailmast saadud materjalist. 2017. aasta lõpul aitasid tegevustikud uurimuslikuks muuta mitmed õpetajad - Kaido Reivelt, Koit Timpmann, Tanel Liira, Karolin Mäe, Evelin Laanest, Triin Tamme, Aleksander Kirpu, Mari Kass, Kristiina Raeste. Põhilisteks kaartide tegevusjuhtideks on AHHA töötajad - Pille Randjärv ja Darja Vostrova ning sealjuures Forseliuse kooli füüsika- ja matemaatikaõpetaja Peeter Jõeloo.

Tegevuskaartide sihtgrupp on küllaltki lai. Tegevusi leidub nii 1.-3. klassidele ja gümnaasiumile, kuid peamiseks gruppideks on II ja III kooliastme õpilased. Sealjuures ei välistata materjali kasutamist pereringis. Pille sõnul on senine tagasiside olnud positiivne, kusjuures kõik õpetajad, kes on materjale kasutanud, nõustuvad, et kaardid sobivad grupitöödeks ning on edaspidi huvitatud kaartide kasutamisest.

3.3 Välja töötatud õppematerjalid

Uuringu üks eesmärk oli töötada välja uurimusliku õppe tsüklil baseeruvad füüsika õppematerjalid põhikooli III kooliastme füüsika teadmiste omandamiseks. Alljärgnevalt on kirjeldatud õppekaartide tunnusjooni.

Valminud õppematerjal “Kõver Valgus” koosneb kolmest peamisest osast: esikülj, tagakülj ning õpetajajuhend. Iga osa omakorda jaguneb elementideks. Esiküljel on katse läbiviimiseks kujutatud suunatud uurimistegevus. Tagakülj koosneb katsega paralleelsetest ülesannetest ning eksperimenteerimise järgsetest teoreetilistest ülesannetest. Kolmandas osas on toodud õpetajajuhend. Õpetajajuhend annab õpetajale läbiviimiseks vajaliku informatsiooni.

Alljärgnevad tabelid kirjeldavad mõlema loodud tegevuskaardi elemente kolmes erinevas sektsioonis.

Tabel 3.1: Tegevuskaartide esikülge kirjeldav tabel 1.

Tunnuselement	Õppekaart Kõver Valgus	Õppekaart Magnet Spinner
Pealkiri	“Kõver Valgus”	“Magnet Spinner”
Suunaseadmine	“Koolis õpime, et valgus levib sirgjoonelisel, kuid samas millegipärast jõuab valgus mööda kõverat kaablit signaali vastuvõtjani. Järelikult on valgusel veel teisi omadusi, mis võimaldavad meil leviku trajektoori suunata.”	“Kui juhtmesse lasta vool, tekivad liikuvad laetud osakesed, põhjustades elektrivoolu, mis omakorda kutsuvad esile magnetvälja. Järelikult elektrivälja ning magnetvälja esinevad koos. Seda teadmist on rakendatud elektrimootorite ja generaatorite ehitamiseks.”
Ülesanne	“Näidake, et kuigi valgus levib sirgjoonelisel, võime tekitada kõverjoonelise trajektoori.”	“Pange magnetvälja ja elektrivoolu toimel fooliumist ketas pöörlema!”
Abiinfo 1	“Kuumutatud teraga on lihtne saada ühtlast auku plastpudelis.”	“Kergelt kortsuline, krobeline foolium hoiab end tugevamini tasasena.”
Abiinfo 2	“Viskoosema ehk väiksema voolavusega vedeliku (näiteks suhkrulahuse või kisselli) juga on ühtlasem kui suurema voolavusega vedeliku (näiteks vee) juga.”	“Katse õnnestumiseks on vajalikud alaktrit juhtiva kihiga magnetid.”
Abiinfo 3	“Täielikul sisepeegeldumisel on oluline, et peegelduskeskkond oleks optiliselt tihedam, kui ümbritsev keskkond (tavaliselt õhk).”	“Elektrilaeng on füüsikaline suurus, mis iseloomustab keha omadust astuda teiste kehadele elektromagnetilise vastasmõjusse.”

Tabel 3.2: Tegevuskaartide esikülge kirjeldav tabel 2.

Tähelepanu	<p>“Naaskel ja küünekäärid on teravad!”</p> <p>“Laserkiir võib põhjustada silmadele püsiva kahjustuse.” “Vesi juhib elektrit.”</p>	<p>“Lühis põhjustab kõrgeid temperatuure.” “Ka väiksed magnetid võivad olla piisavalt tugevad, et kahjustada meie sõrmi või lõhkuda esemeid.” “Magnetid on jäigad, kuid haprad.”</p>
Tingimused	<p>“Valige 2 erinevat keskkonda nii, et levikul ühest keskkonnast teise omistab valgus tema teekonda kõverdavad omadused.”</p>	<p>“Ketas kasutab pöörlemiseks elektrivoolu ja magnetvälja.” “Ketas pöörleb peatumatult vähemalt 5 sekundit järjest.”</p>
Ideed	<p>“Kuidas tagada, et väljavalitud keskkonnas saaks kõvera trajektoori esile kutsuda? Mõelge valguskaablile!”</p>	<p>“Kui suur peaks olema ketas?” “Kuidas tagada võimalikult ringikujuline tükk?” “Kuidas tagada, et fooliumkettas tekiks elektrivool, kutsudes esile magnetvälja?” “Kuidas tekitada võimalikult vähe hõõrdumist ja hoida ketas pöörlemas ümber fikseeritud telje?”</p>
Ehitamine	<p>“Ehitage seadeldis, millega saaks näidata valguse näilist kõverjoonelist liikumist.”</p>	<p>“Valmista ketas.” “Loo pöörlemist põhjustav mehhanism.” “Kasuta mehhanismi, et ketas pöörlema panna!”</p>

Tabel 3.3: Tegevuskaartide esikülge kirjeldav tabel 3.

Katsetamine	“Testi! Tee tuba võimalikult pimedaks.”	“Testi!”
Tulemus	“Katseseade vajab täiustamist. Proovi uuesti.” “Näiline kõverjooneline levimine on saavutatud.”	“Katseseade vajab täiustamist. Proovi uuesti. Arutelu: kas magnetite teisi pidi asetamine muudab?” “Pöörlemine on saavutatud! Arutelu: mõelge, mis jõud paneb ketta pöörlema, miks on katses hea valida alumiiniumist foolium, mis juhtuks, kui kasutaksime tinast fooliumit?”
Lisainfo 1	“Optiliselt tihedamas aines levib valgus aeglasemalt. Ränidioksiidis on valguse kiirus 2/3 tavalisest kiirusest vaakumis.”	“Hapnikul ilmnevad -219 kraadi juures magnetilised omadused.”
Lisainfo 2	“Eestis on lubatud kasutada ilma eriloata maksimaalselt kuni 5mW võimsusega laserit.”	“Maailma võimsaimad magnetid on keskmisest külmkapis olevast magnetist 20000 korda tugevamad.”
Lisainfo 3	“Mitmetes purskkaevudes tekitatakse roheline või punane värvus samal põhimõttel.”	
Lisainfo 4	“Keskkond on aine või erinevate ainete kogum. Nii vesi, kui ka õhk moodustavad omaette keskkonnad.”	

Tabel 3.4: Tegevuskaartide tagakülgi kirjeldav tabel.

Tunnuselement	Õppekaart Kõver Valgus	Õppekaart Magnet Spinner
Katse planeerimine	“Milliseid keskkondi plaanite kasutada? Millisesse keskkonda suunate valguse, et manipuleerida trajektooriga?”	“Joonistage skeem pöörlemise mehhanismist.”
Tulemused	“Skitseerige joonis katse seadmest ning märkige peale valguskiirte trajektoori. Uurige teiste rühmade seadmeid. Mida saaksite teiselt õppida? Millised keskkonnad valida, et saavutada kvaliteetsem efekt? Kas nähtust saaks korraldada ka vee all, Kuu peal?”	“Skitseerige loodud mehhanismi jõujooned ja märkige elektrivoolu suund.” “Pange kirja võimalikult palju tegureid, mis mõjutavad ketta pöörlemise kiirust.” “Mida saaksite teha, et mehhanism oleks võimsam (kiirem pöörlemine, kannatab suuremat ketast.”
Elulised ülesanded omandatud teadmiste rakendamiseks	“Mõttele nähtuse peale. Kus saaks seda rakendada? Kus efekti juba praegu kasutatakse? Täita tabel antud ainete murdumisnäitajate väärtustega.”	“Pange oma sõnadega lühidalt kirja selgitus, mis kirjeldab mehhanismi tööpõhimõtet, kasutades mõisteid: liikuv laengukandja, elektriväli, magnetväli, jõud.”
Märksõnad googeldamiseks	Magnetväli, elektriväli, punktlaeng, elektromagnet	Täielik sisepeegeldumine (total internal reflection), valguskaabel, murdumisnäitaja (index of refraction), optiline tihedus.

Tabel 3.5: Tegevuskaartide õpetajajuhendeid kirjeldav tabel.

Tunnuselement	Õppekaart Kõver Valgus	Õppekaart Magnet Spinner
Ajaline kestvus	45 minutit	45 minutit
Seotud teemad	Langemismnurk, peegeldumismnurk, murdumismnurk, valguskaabel, täielik sisepeegeldus	Elektriväli, elektrilaeng, elektrivool, magnetväli, elektromagnet
Vajaminevad materjalid tööühma kohta	Läbipaistev anum, käsilaser, terava otsaga tööriist, koht kuhu vesi saaks langeda, pime ruum	2 elektrit juhtiva kattega magnetit (magnetite suurus umbes euromündi suurusjärgus), AA patarei, traat või kirjaklamber, alumiiniumist foolium
Märksõnad googeldamiseks	Total internal reflection, lightray, murdumisnäitaja, peegeldumismnurk, murdumismnurk, langemismnurk	Spinning foil motor, Lorentz force, Electric field force, Magnetic field force

Kaardi “Kõver Valgus” õpperaamat sisaldab juhendit eksperimendi läbiviimiseks. Juhendi pealkiri on “Kuidas teha?” ning sisaldab järgnevat õpetusteksti: Üheks võimaluseks on kasutada lihtsat, kuid efektiivset meetodit kasutades pudelit ja vett: Eemaldage plastpudelilt kõik segavad faktorid (sildid jms) ning tehke auk umbes keskohta. Augu tegemisel võib kasutada küünekääre või naaskli sarnaseid tööriistu. Kõige ilusama augu saab kui kuumutada naaskli teravik ning seejärel sulatada pudelisse ühtlane ava. Iseenesest sellega ongi katseseadeldis valmis. Pudel on vaja paigutada nii, et väljuval veel oleks koht, kuhu langeda. Kõige lihtsam on selleks võtta kauss või kasutada kraanikaussi. Kausi puhul saab pudeli alla paigutada kõrgenduseks miskit, et veejuga lihtsamini üle kausi ääre ulatuks. Määrake rühmas keegi, kes näitaks näiteks telefoniga valgust kui ruum on pime. Valage pudel vett täis, otsustage kes suunab laserit ning tehke ruum pimedaks. Efekt on nähtav ka ilma ruumi pimedaks tegemata, kuid ei ole nii selgelt näha. Katse võib alata! Suunake laser ava vastaspoolelt pudelile nii, et laserkiir oleks sunatud veejoa algmesse olles väljavooluga samas suunas.

Lisaks on välja toodud õpetajatele ja juhendajatele suunatud teoreetiline taust antud teema kohta. Tegevuskaardi “Kõver Valgus” puhul on selleks järgnev tekst: Valguse levides ühest keskkonnast teise muutub valguskiire suund. Kui valgus levib optiliselt hõredamast keskkonnast tihedamasse, siis vastab igale langemisnurgale ühtlaselt mingisugune murdumisnurk. Kui aga valgus levib tihedamast keskkonnast hõredamasse piisavalt väikese nurga all, nagu näiteks käesolevas katses, tekib efekt, mida nimetatakse täielikuks sisepeegeldumiseks. Täieliku sisepeegeldumise korral puudub ainst välja murduv valguse osa. Selle asemel peegeldub kogu valgus. Sellel põhimõttel juhib valguskaabel valgusimpulsse. Valguskaablid on tehtud optiliselt tihedast ehk suure murdumisnäitajaga ainst. Tihti kasutatakse kaablites ränidioksiidi. Vaadeldes joogikõrt vedelikuga klaasis näeme, et kõrs justkui ei oleks sirge. See on põhjustatud vedelikust kui tihedamast keskkonnast välja murduva kiire murdumisnurgast, mida kirjeldab Snelli seadus. Seni kestnud õppekavas õpetatakse, et valgus levib sirgjooneliselt. Seetõttu on antud katse ideaalne suunamaks õpilased mõtlema valgusest ja demonstreerida valguse omadusi. Edukalt sooritanud õpilane saab aru, et kaabli või veejoa sees valgus ei paindu ega kõverdu vaid peegeldub sirglõikudena täieliku sisepeegeldumise tõttu.

Õppematerjali “Magnet Spinner” korral on õpetustekst järgmine: Pöörlemisteljeks kinnita patareile kirjaklamber (või muu peenem traat). Traat (klamber) on vaja justkui keerata ümber patarei parasjagu, et hoiab end ümber patarei, ning patarei pinnaga risti suunas ulatuks välja sirge traadi osa. Asetada mõlemasse patarei otsa magnetid (jäävad ise kinni). Veendu, et magneti servad on kõrgemal kui patarei, kusjuures efekt on kontrastsem, kui servad on kõrgemal, mitte päris patarei välispinna tasandil. Lõika fooliumist ketas. Ketta keskele tekita auk, nii et see ei oleks liiga suur ega liiga kitsas traadi jaoks. Efekti esile kutsumiseks aseta ketas traadi otsa, nii et ketta ääred puudutaksid magneteid. Niipea kui ketas juhib elektrit, tekib magnetjõu kaasmõjul jõud, mis pöörab ketast.

Olulistest nõuannetest tuuakse juhendis välja järgnev: NB! Effekt ei pruugi kohe ilmned. Vaja on luua piisavalt soodsad tingimused. Olulisteks kohtadeks on ketta suurus, ketta kvaliteet (siledus, sümmeetrilisus), magnetite asetus, magnetite kuju, patarei jõudlikkus (eelista kasutamata patareid). Hoia seadeldist sõrmede vahel, aidates kergelt kaasa efekti tekkimisele. Kui tegid kõik õigesti, võib ketas pöörleda pikka aega enne kui ära väsib! Vajadusel kasuta teipi traadi kinnitamisel patareile. Efekti tekkimiseks on vaja, et kasutatavad magnetid oleksid kaetud elektrit juhtiva kihiga (enamus poes pakutavad) ning kettakujulised, peenemat sorti servaga (metallraha sarnane). Ole valmis lõikama rohkem kui üks kord, kuna seadeldis on tundlik ket-

ta suurusele (parim suurus on veidi üle patarei otste ulatuv). Foolium on õhuke ning kortsuh kergesti, seega ole ettevaatlik ja katsuge ketas võimalikult sile hoida. Magnetil on 2 erinevat poolust, mistõttu kahel magnetil on 4 erinevat kombinatsiooni, kuidas nad kinnitada patareile. Kui efekti ei ilmne, proovi magnetite poolusi vahetada.

Teoreetilise taustana elektrimootori kohta toodi õpperaamatus välja järgnev: Magnetväljas liikuvale laengukandjale mõjub Lorentzi jõud. Lorentzi jõud on suunatud risti nii magnetvälja jõujoonte suunaga ning laetud osakese liikumise suunaga. Antud katses tekitame magnetitega magnetvälja. Luues ühenduse patarei klemmide vahel läbi fooliumketta tekivad liikuvad laengukandjad fooliumi “sees”. Lorentzi jõud ei ole piisavalt suur, et eemaldada laengukandjad fooliumkettalt, mistõttu ketas pöörleb Lorentzi jõu suunas kaasa. Kui Maxwelli seadused määratlevad laetud osakeste, voolu, liikuvate laengukandjate põhjustatud elektri- ja magnetvälja, siis Lorentzi jõud justkui “täiustab pildi” määrates liikuva laenguga osakese käitumise elektri-, magnetväljas.

Tegevuskaart on üldine nimetus arenduslikku tegevust sisaldavale kogumile, sealhulgas õppematerjalile, kus õppija läbib teatud viisil määratletud tegevustiku, mille käigus omandab uusi teadmisi ning oskusi. Kaarte on loodud paljude sõltumatute tootjate poolt erinevatele vanusegruppidele. Käesolevas töös käsitletakse konkreetselt AHHA keskuse ja projekti “Uuringulaegas” koostööl loodud tegevuskaarte. Edaspidi on sõna “tegevuskaart” korral mõeldud just eelnimetatud projekti käigus loodud õppematerjale.

Tegevuskaart (TK) ehk õppekaart on aktiivõppe õppematerjal, mille peamisteks külgedeks on uurimis põhisisus ja õpilaskesksus. Materjal kujutab endast eesmärgistatud tegevust, mille käigus õpilane osaleb antud nähtuse esilekutsumisel ning teadmiste kinnistamiseks vastab antud teema kohta küsimustele, täidab ülesandeid.

Tegevuskaart koosneb kolmest osast: tegevustik, tegevustikuga paralleelne ning järgne teoreetiline osa ning õpetajajuhend. Konkreetsed tegevustikud sõltuvad olulisel määral esile kutstavast nähtusest või eesmärgist. Tegevustik kujutab endast suunatud uurimistegevusprotsessi. Protsess algab sissejuhatusliku tekstiga, mille eesmärk on eelkõige püüda õpilase tähelepanu ning lihtsate sõnadega kaardistada uuritav nähtus. Seejärel antakse osalejale ülesande eesmärk. Eesmärgi ja viimase sammuna kokkuvõtte vahele jääb tüüpiliselt ideede kogumine, planeerimine, ehitamine või meisterdamine, rühmakaaslastega arutlus ning katsetamine.

Teoreetiline osa on mõeldud täitmiseks kogu protsessi vältel. Osa algab katse planeerimisega, kus õpilane kirjutab plaani, kus kirjeldab eesmärgini jõudmiseks tehtavaid otsuseid. Seejärel

tuleb lahendada ülesanded, mis seostuvad antud tegevustikuga. Ülesannete ideeks on panna õpilane kasutama uusi teadmisi äsja läbitud tegevustikust. Ülesanded on kujundatud nii, et osaleja kasutaks mõtlemisvõimet ning oskaks iseseisvalt infot leida ka internetist. Tegijale on vihjeks antud märksõnad, mida otsingumootoris sisestada.

Õpetajajuhend sisaldab tunni korraldamiseks olulisi juhiseid. Juhendis on toodud töö ligikaudne ajaline kestvus, seotud teemad (mitte õppeained), vajalikud materjalid ning tööriistad, katse käigu detailsed sammud, teoreetiline taust vastava teema kohta ning märksõnad, mille kaudu internetist juurde uurida.

Õppekaardid jaotuvad sisu poolest nelja alamkategoriasse: laboratoorne töö, häkaton, inimkatsed, vaatlus ning inseneeria. Laboratoorne töö kujutab endast mõnevõrra rohkem etteantud juhiste järgi toimetamist, kuigi konkreetse meetmed ei pruugi olla ette antud. Inseneeria korral on tegemist insenerliku lähenemisega, kus tüüpiliselt luuakse mingisugune toode. Inimkatsete puhul toimub katse uurijat ennast kasutades. Vaatlusel on väiksem osakaal meisterdamisel ning suurem panus järelduste tegemisel.

Koolinoortele on tähtis tekitada positiivne esmamulje, mistõttu on oluline roll õppekaardi välimusel. Välimuse juures peab töö autor tähtsaks silmas pidada noortepärasust ning kaasaaravaid illustreerimisi. Lisaks püütakse vältida äärmuslikku raskusastet. Liiga lihtsa ülesande puhul võib hakata noorel inimesel igav ning liiga keeruline tegevus on eemaletõukav.

3.3.1 Tegevuskaartide teke

Tegevuskaardid, mida käesolev töö käsitleb, on loodud AHHA keskuses projekti “Uuringulaegas” (“Ark of Inquiry”) raames. Tegemist on Euroopa Komisjoni rahastatud teadus- ja arendusprojektiga, millesse on kaasatud 13 projektipartnerit 12 riigist. Teaduskeskus AHHA on antud projekti Eesti-poolne partner ja koordinaator. Ahha keskuses on saadaval üle 50 erineva õppekaardi. Õppekaardid on loodud suunaga anda õpilastele õpetlik tegevus teaduslikult olulistel ning põnevatel teemadel.

3.3.2 Tegevuskaartide vajalikkus ja eripära

Tekitada noores inimeses huvi loodusteaduste vastu on püsiv väljakutse meie haridussüsteemis. Põlvkonnast põlvkonda vahetuvad õpetajad ning ühtlasi õppemeetodid. Üha enam on üksluised loengu tüüpi füüsikatunnid asendunud alternatiivsete variantidega, eesmärgiga tekitada õpilastes suurem huvi ning kaasatus. Kasvanud on populaarsus teadusettevõtete külastamisel. Üheks

populaarseks külastuskohaks on AHHA keskus, kus toimuvad teadusteatrid, töötoad, eksponeerimised ja muud põnevust pakkuvad.

Üheks viisiks füüsikatund huvitavaks teha on kasutada tegevuskaarte. Tegevuskaartide oluliseks eripäraks on aktiivõppena kombineeritud uurimuslik ja õpilaskeskne õpe. Aktiivõppe korral osaleb õpilane aktiivselt teadmiste omandamises, sealhulgas viib läbi katseid, arutleb, analüüsib ning mõtleb kaasa.

Õppekaardid sisaldavad õpilastele meelepäraseid eksperimente. Kollo, (2015) on välja toonud, et õpilaste negatiivset suhtumist füüsika õppimisse kujundab päheõppimine ja kirjalike tööde suur maht. Kusjuures Kollo uurimuses selgunud ettepanekutest muuta õppeprotsess efektiivsemaks eristus katsete osakaalu suurendamine, õpilastelt tagasiside saamine ja saadud tagasisidest õpetamisel lähtumine. [3]

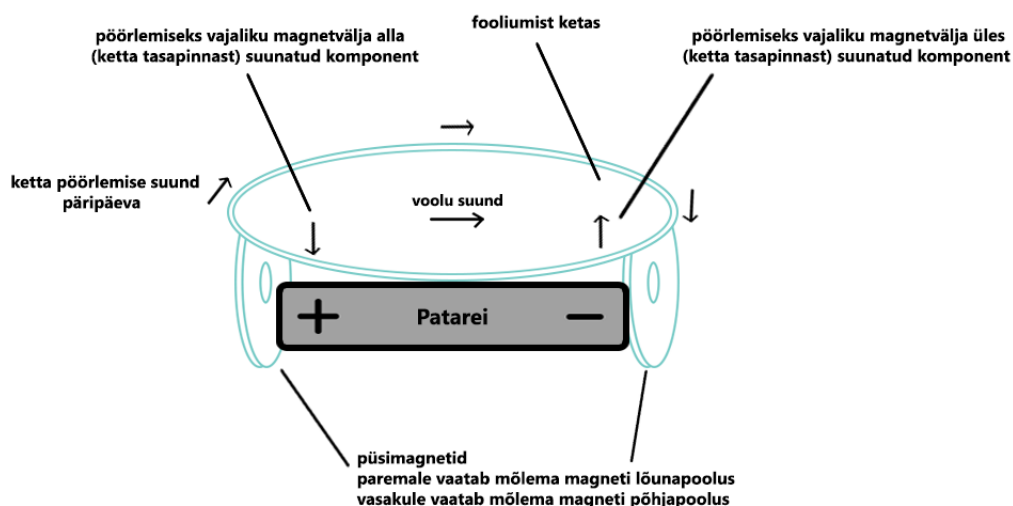
3.3.3 Magnet Spinner korrigeeritud füüsikaline kirjeldus

Katse “Magnet Spinner” kujutab endast homopolaarse mootori ehitamist. Sellist tüüpi mootoreid on võimalik valmistada mitmel erineval moel, seejuures tööpõhimõte on ühine - elektrivoolu ja magnetvälja toimele tekib jõud, mis paneb mootori liikuma.

Millest koosneb katseseade? Antud katseseadeldis pannakse kokku kahest püsिमagnetist, vooluallikast (patarei), mootori liikuvast osast (fooliumist ketas) ning ketast paigal hoidvast teljest, milleks on traat.

Miks hakkab ketas pöörlema? Newton on öelnud, et kehade liikumisolek saab muutuda vaid jõu tagajärjel. Kui vooluga juhe asetseb magnetväljas, mis ei ole voolusuunaga paralleelne, siis mõjub juhtmele külgsuunaline jõud. Antud katses on fooliumist ketas vooluga juhtme rollis ning püsिमagnetid patarei otstes tagavad magnetvälja olemasolu.

Kuidas saavutada pöörlemine? Magnetide poolustest ning voolusuunast tulenevalt saame katset üles seada mitmel moel. Pöörlemise saavutamiseks peavad olema täidetud teatud tingimused, mistõttu kõik konfiguratsioonid pöörlemist ei põhjusta. Alljärgnev joonis iseloomustab õigesti üles seatud katseobjekti.



Joonis 3.1: katseobjekt Magnet Spinner

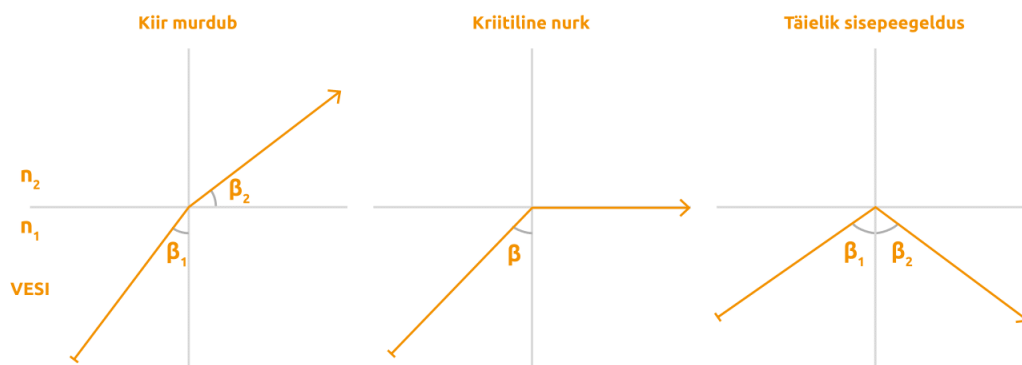
3.3.4 Kõver Valgus korrigeeritud füüsikaline kirjeldus

Katses “Kõver Valgus” kutsume esile valguse täieliku sisepeegelduse. Täielik sisepeegeldus saab tekkida kahe erineva murdumisnäitajaga keskkonna olemasolul. Oluline on teatud piirnurk, millest väiksema langemisnurga puhul võtab aset soovitud efekt.

Millest koosneb katseseade? Antud katseobjekt koosneb vedelikust murdumisnäitajaga n_1 , seda ümbritsevast õhust murdumisnäitajaga n_2 , vedeliku anumast ning käsilaserist.

Kus ja miks tekib sisepeegeldus? Kui tekitame anumasse väikese ava ning laseme sealt vedelikul välja pääseda, tekib vedelikujuga, mida ümbritseb ruumis olev õhk. Vedeliku juga ongi valguse leviku keskkond. Gravitatsiooni mõjul on vedelikujuga kõveralt alla suunatud (ava alguses horisontaalne ning kokkupuutel langemispinnaga maksimaalselt alla suunatud). Seejuures valguskiire teekond on sirge. Järelikult kõverasse jugasse suunatud valguskiir jõuab oma teekonnal joa ääreni. Vedeliku ja ümbritseva õhu kokkupuutepinnale langev valguskiir omab langemisnurka. Selle nurga suurus määrab efekti ilmnemise.

Vee ja õhu korral on piirnurgaks 48.6 kraadi. Suunates laserkiire horisontaalselt anumast väljuva veejoa algesse, tekib laserkiire ja keskkondade kokkupuute pinna vahel langemisnurk, mis on väiksem 48.6 kraadist. Seega kiir ei murdu välja veejoast, vaid peegeldub edasi. Alljärgnev joonis kirjeldab sisepeegeldumist kahe keskkonna kokkupuute pinnal.



Snelli seadus $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$

Joonis 3.2: Valguse täielik sisepeegeldus

Kokkuvõte

Üha enam võetakse kasutusele uurimuslikke õppemeetodeid. Seetõttu on kasvav vajadus vastavate õppematerjalide järele. Eestis on üheks võimaluseks uurimusliku õppe õppematerjalina kasutada AHHA keskuse ja projekti Uuringulaegas raames loodud tegevuskaarte. Sisuliselt kujutavad materjalid endast kaasahaaravat eesmärgistatud tegevust, kus õpilane on uurimisprotsessis keskses rollis, ning mille käigus omandab vajalikud teadmised ning uurimuslikud oskused.

Töö eesmärgiks oli koostada kaks füüsikaalast AHHAlikku õppematerjali tegevuskaartide näol ning välja tuua ekspertide hinnangud loodud õppematerjalidele. Eesmärgi saavutamiseks püstitatud uurimisküsimused ja uurimisülesanne olid:

- Töötada välja kaks uurimusliku õppe tsükklil baseeruvat AHHA-likku füüsika õppematerjali põhikooli III kooliastme füüsika teadmiste omandamiseks.
- Millised on ekspertide hinnangud loodud õppematerjalidele?
- Millised on ekspertide arendusettepanekud loodud materjalidele?

Käesolevas töös töötati välja kaks AHHA-likku tegevuskaarti “Kõver Valgus” ning “Magnet Spinner”. Valminud õppematerjalid põhinevad Pedaste et al (2015) artiklis sünteesitud uurimusliku õppe tsükli mudelil ning vastavad AHHA keskuse ja projekti Uuringulaegas raames loodud inseneeria tüüpi õppekaartide struktuurimudelile.

Töö läbiviimiseks kasutas autor tegevusuuringu mudeline ADDIE mudelit. ADDIE mudel on sobiv õpiobjekti väljatöötamiseks, koosnedes viiest etapist: analüüs, kavandamine, koostamine, katsetamine ning hindamine. Lisaks toimus viienda etapi järel taas arendustegevus eesmärgiga saada valmis teaduskeskuses kasutusele võtmiseks sobiv versioon.

Töö teooria osas on välja toodud põhjendusi, mis toetavad uurimusliku õppe ja õpilaskeske õppe valikut. Lisaks tuuakse välja riiklikus õppekavas esitatud üldpädevusi põhikooli III kooliastmele, uuringus kasutatud mudel ning töö eesmärk.

Töö tulemusena valmisid kaks õppematerjali põhikooli III kooliastme füüsika õpilastele ning toodi välja arendusettepanekud. Õppematerjalid koostati teemadel “Valguse levimine” ja “Elektriline vastasmõju ja magnetnähtused”. Mõlemale teemale vastavad inseneeria tüüpi õppekaardid, koosnedes kolmest osast: uurimusliku tegevuse esikülj, teoreetiliste ülesannetega tagakülj, ning õpetajajuhend.

Uuringus viidi läbi intervjuu AHHA teaduskeskuse haridustegevuse juhi, Pille Randjärvega. Intervjuu eesmärgiks oli välja selgitada tegevuskaartide tekkelugu, hetkeseis ning tulevikuväljavaated. Kokku on tegevuskaarte valminud 47, sealhulgas esimesed koostati 2017. aasta lõpul. Pille sõnul on senine kvalitatiivne tagasiside õpetajatelt olnud positiivne. 2018. aasta Teaduste Öö festivali raames on kavas kokku tulevate õpetajatega läbi viia koolitus ning anda võimalus kasutada tegevuskaarte.

Hinnangute saamiseks koostati küsimustik. Küsimustiku eesmärgiks oli loodud materjalidele koguda tagasisidet füüsikaõpetajatelt. Küsitluses osales neli õpetajat. Küsitluses selgus, et materjal “Kõver Valgus” on kooskõlas põhikooli III kooliastme füüsikateadmistega. Seejuures tõi üks ekspert välja, et “Magnet Spinner” võib osutada keeruliseks. Kõik eksperdid nõustusid, et materjalid on parajalt kaasahaaravaks põhikooli õpilasele. Üldine tagasiside oli positiivne ning kõik osalenud õpetajad on huvitatud loodud materjalide kasutamisest tulevikus.

Arendusettepanekutena toodi välja, et õpetajajuhendid võiksid sisaldada rohkem jooniseid. Materjalides sisalduv tekst võiks olla must-valgelt printides kindlasti nähtav, kuna koolides ei pruugi olla värviprinterit. Lisaks soovitati arendada veel tegevuskaarte kogu kursuse jaoks (optika, mehhaanika, elekter, tuumaenergia, magnetism ja soojusõpetus). Ekspert, kes nägi pealt piloottestimist, arvas et materjalidega on kõik hästi, sest lastele meeldis ja töölehe täitmine õnnestus kõigil.

Autorile olulisel kohal oli materjalide teaduskeskusesse kaasamine. AHHA teaduskeskuse haridustegevuse esindaja nägemusel tuleb avaldamiseks viia sisse veel lõplikud korrektuurid. Vajalike korrektuuride teostamine on käesoleva töö esitamise hetkel töökäigus ning loodetavasti saab lõpule lühidalt pärast käesoleva töö esitamist.

Tänuõnad

Töö autor soovib tänada juhendajat Peeter Jõelood. Lisaks esialgset juhendajat Svetlana Gani-
nat, AHHAA keskust, AHHAA keskuse haridustegevuse juhti Pille Randjärve, füüsikut Üllar
Kivilat, disainerit Liisi Reitalu, uuringus osalenud õpetajaid. Eraldi tänu proviisor Mattias Mol-
daule ja majandusteadlane Märten Pajunurmele, kes aitasid õigekeelsusega.

Lihtlitsents lõputöö

reprodutseerimiseks ja üldsusele

kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Jaan Olev, annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose “AHHAA-like põhikooli füüsika õppematerjalide loomine, õpetajate hinnangud ning arendusettepanekud ja nende võimalik kasutamine teaduskeskuses AHHAA”, mille juhendaja on Peeter Jõeloo, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Jaan Olev 07.06.2019

Kasutatud kirjandus

- [1] Pedaste M. jt. "Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle". *Educational Research Review* (2015).
- [2] OECD. "PISA". *Educational Research Review* (2015).
- [3] Kristi Kollo. "Põhikooli õpilaste suhtumine füüsika õppimisse ja õpetamisse". 2015.
- [4] Rannikmäe M. "Operationalisation of scientific and technological literacy in the teaching of science". 2001.
- [5] Soobard R. Rannikmäe M. *PARADIGMAATILISED SUUNDUMUSED LOODUSAINETE ÕPETAMISEL ÜLDHARIDUSKOOLIS. "Loodusteaduslik ja tehnoloogia-alane kirjaoskus ja selle erinevad tasemed"*. Rannikmäe M., Soobard R., 2014, 1, pp. 11–20.
- [6] Laugksch C. R. "Scientific Literacy: A Conceptual Overview" (1999).
- [7] M. Eijck. "Capturing the Dynamics of Science in Science Education" (2012).
- [8] Deci E. L. Ryan R. M. *INTRINSIC AND EXTRINSIC MOTIVATIONS AND NEW DIRECTIONS. "Contemporary Educational Psychology"*. 2000, 25, pp. 54–67.
- [9] Harlen W. "The role of assessment in developing motivation for learning" (2006).
- [10] Mägi K. Kikas E. *Avatud kool ja tõhus õppimine. "Õpimotivatsiooniliste suundumuste mõõtmine ja nende seosed õpitulemustega"*. 2006, pp. 148–176.
- [11] Liblik K. "Õpimotivatsiooni mõjutavad tegurid kaheksanda klassi õpilaste näitel". 2015.
- [12] J. Brophy. "Motivating students to learn" (2014).
- [13] Leppik P. "Õppimine on tõesti huvitav : õpiprotsessi psühholoogilisest mõtestamisest" (2006).

- [14] Keselman A. “Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality”. *Journal on research in science teaching* 40.9 (2003), l. 898–921. DOI: <https://www.deepdyve.com/lp/wiley/supporting-inquiry-learning-by-promoting-normative-understanding-of-uDXa0BrlxC?>.
- [15] Rannikmäe M. Kask K. *Õnnestav õpetus. Uurimusliku õppe mõju õpilastele afektiivses ja kognitiivses valdkonnas*. Kraav I., Krull E., Taimalu M., Trasberg K., 2010.
- [16] “Põhikooli riiklik õppekava” (2011). DOI: <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020>.
- [17] Kurt S. “ADDIE Model: Instructional Design”. *Educational Technology* (2017). DOI: <https://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/>.
- [18] Saveljev I. *Füüsika üldkursus*. 1979.

Lisa 1

Lisa 1

Intervjuu koosnes 7st avatud küsimusest:

1. Millest sai tegevuskaartide idee alguse?
2. Kes on peamised tegevuskaartide loojad?
3. Kes on peamised tegevuskaartide sihtgrupid?
4. Millal tehti avalikult kättesaadavaks esimesed tegevuskaardid?
5. Milline on senine kvalitatiivne tagasiside kasutajaskonnalt?
6. Kas teile teadaolevalt kasutatakse ka teistes riikides sama ülesehitusega õppematerjale?
7. Millised on tuleviku väljavaated tegevuskaartidele?

Lisa 2

Lisa 2

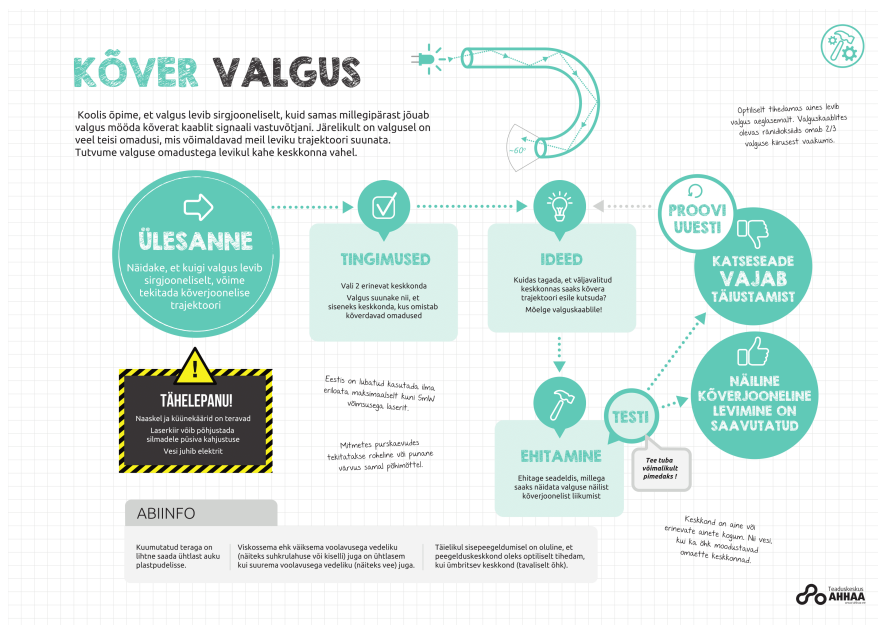
Õpetajate küsitlus koosnes 9st lühiküsimusest:

1. Kas olete varasemalt õpetamisel kasutanud tegevuskaarte?
2. Kas tegevuskaart “Kõver Valgus” on 8. klassis õpetatavate füüsika teadmistega kooskõlas?
3. Kas tegevuskaart “Magnet Spinner” on 9. klassis õpetatavate füüsika teadmistega kooskõlas?
4. Kas teie arvates on õppekaardi “Kõver Valgus” tegevustik parajalt kaasa haaravaks väljakutseks 8. klassi õpilastele?
5. Kas teie arvates on õppekaardi “Magnet Spinner” tegevustik parajalt kaasa haaravaks väljakutseks 9. klassi õpilastele?
6. Kas õppematerjali “Kõver Valgus” õpetaja juhend on materjali kasutamiseks piisavalt selgitav?
7. Kas õppematerjali “Magnet Spinner” õpetaja juhend on materjali kasutamiseks piisavalt selgitav?
8. Milliseid soovitusi tooksite välja loodud materjalide edasiseks arenguks?
9. Kas te olete huvitatud tulevikus õpetamisel kasutama loodud õppekaarte?

Lisa 3

Lisa 3

Valminud õppekaart “Kõver Valgus” esikülj ja tagakülj. *Versioon 0.5*



Joonis 3.3: Esikülj

KÕVER VALGUS

Millised keskkondi plaanite kasutada?

Millisesse keskkonda suunate valguse, et manipuleerida trajektooriga?

Skitseerige joonis katseseadmeist ning märkige peale valguskiire trajektoori.

Uurige teiste rühmade seadmeid. Mida saaksite teiselt õppida?

Mõtle nähtuse peale. Kus saaks seda rakendada?

Kus seda efekti juba praegu kasutatakse?

Jätkake ainete loetelu vabalt valitud ainetega.

Aine	Murdumisnäitaja
Vaakum	
Õhk	
Vesi	
SiO ₂	
Teemant	
Etanool	

Millised keskkonnad valida, et saavutada kvaliteetsem efekt?

Kas nähtust saaks korraldada ka vee all?

Aga kuu peal?

MÄRKSIHÄD INTERNETIOTSINGUKS
 Täielik sissepeegeldumine (total internal reflection), valguskaabel, murdumisnäitaja (index of refraction), optiline tihedus.

Joonis 3.4: Tagakülg

KÕVER VALGUS



Ajakulu

45 min



Seotud teemad

LANGEMISNURK

PEEGELDUMISNURK

MURDUMISNURK

VALGUSKAABEL

TÄIELIK SISEPEEGELDUS



Katsevahendid rühmale

- Läbipaistev anum
- käsilaser

Tööriistad ja lisad:

- Terava otsaga tööriist
- koht, kuhu vesi saaks langeda
- ruumi pimedaks tegemise võimalus



Kuidas teha?

Üheks võimaluseks on kasutada lihtsat, kuid efektiivset meetodit kasutades pudelit ja vett: Eemaldage plastpudelilt kõik segavad faktorid (sildid jms) ning tehke auk umbes keskohta. Augu tegemisel võib kasutada küünekääre või naaskli sarnaseid tööriistu. Kõige ilusama augu saab kui kuumutada naaskli teravik ning seejärel sulatada pudelisse ühtlane ava.

Iseenesest sellega ongi katseeadeldis valmis. Pudel on vaja paigutada nii, et väljuval veel oleks koht kuhu langeda. Kõige lihtsam on selleks võtta kauss või kasutada kraanikaussi. Kausi puhul saab pudeli alla paigutada kõrgenduseks miskit, et veejuga lihtsamini üle kausi ääre ulatuks.

Määrake rühmas keegi, kes näitaks näiteks telefoniga valgust, kui ruum on pime. Valage pudel vett täis, otsustage kes suunab laserit ning tehke ruum pimedaks. Efekt on nähtav ka ilma ruumi pimedaks tegemata, kuid ei ole nii selgelt näha.

Katse võib alata! Suunake laser ava vastaspoolelt pudelile nii, et laserkiir oleks sunatud veejoa algmesse olles väljavooluga samas suunas.



Teoreetiline taust

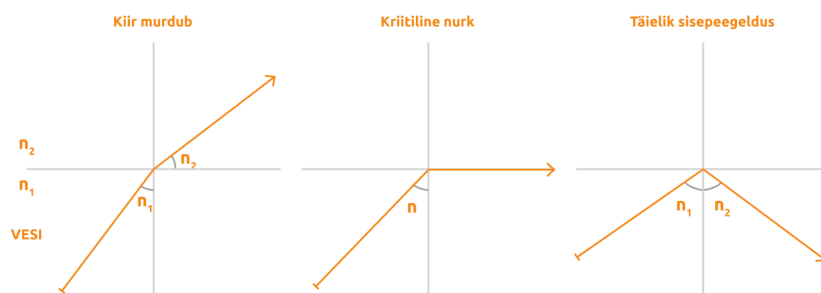
Valguse levides ühest keskkonnast teise muutub valguskiire suund. Kui valgus levib optiliselt hõredamast keskkonnast tihedamasse, siis vastab igale langemisnurgale ühtlaselt mingisugune murdumisnurk. Kui aga valgus levib tihedamast keskkonnast hõredamasse piisavalt väikese nurga all, nagu näiteks käesaolevas katses, tekib efekt, mida nimetatakse täielikuks sisepeegeldumiseks.

Täieliku sisepeegeldumise korral puudub ainekst välja murduv valguse osa. Selle asemel peegeldub kogu valgus. Sellel põhimõttel juhib valguskaabel valgusimpulsse. Valguskaablid on tehtud optiliselt tihedast ehk suure murdumisnäitajaga ainekst. Tihti kasutatakse kaablites ränidioksiidi.

Vaadeldes joogikõrt vedelikuga klaasis näeme, et kõrs justkui ei oleks sirge. See on põhjustatud vedelikust kui tihedamast keskkonnast välja murduva kiire murdumisnurgast, mida kirjeldab Snelli seadus.

Seni kestnud õppekavas õpetatakse, et valgus levib sirgjooneliselt. Seetõttu on antud katse ideaalne suunamaks õpilased mõtlema valgusest ja demonstreerida valguse omadusi. Edukalt sooritanud õpilane saab aru, et kaabli või veejoa sees valgus ei paindu ega kõverdu vaid peegeldub sirglõikudenatäieliku sisepeegeldumise tõttu.

Joonis 3.5: Õpetajajuhend



Märksõnad internetiotsinguks:

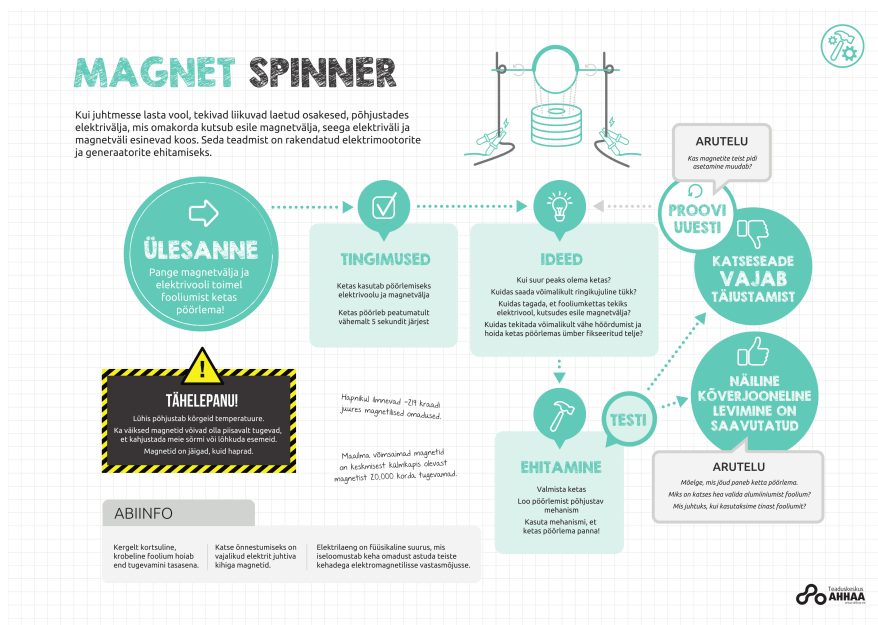
Total internal reflection, lightray, murdumisnäitaja, peegeldumis-, murdumis-, langemisnurk.

Joonis 3.6: Õpetajajuhend

Lisa 4


Lisa 4


Valminud õppekaart “Magnet Spinner” esikülj ja tagakülj. Versioon 0.5





Joonis 3.7: Esikülj


MAGNET SPINNER

 Joonistage skeem pöörlemise mehhanismist.

 Skitseerige loodud mehhanismi jooned ja märkige elektrivoolu suund.

 Pange kirja võimalikult palju tegureid, mis mõjutavad ketta pöörlemise kiirust.

 Mida saaksite teha, et mehhanism oleks võimsam (kiirem pöörlemine, kannatab suuremat kettaid)?

 Pange lühidalt kirja oma sõnadega oma teooria, mis seletab mehhanismi tegevõimude kasutamise mõistet: liikuv laengu kandja, elektriväli, magnetväli, jõud.

MÄRKSSÕHAD INTERNETOTSINGUS
Magnetväli, elektriväli, punktlaeng, elektromagnet

Joonis 3.8: Tagakülg

Valminud õppekaart “Magnet Spinner” õpetajajuhend. Versioon 0.5

MAGNET SPINNER



Ajakulu

45 min



Seotud teemad

ELEKTRIVÄLI

ELEKTRILAENG

ELEKTRIVOOL

MAGNETVÄLI

ELEKTROMAGNET



Katsevahendid rühmale

- 2 elektrit juhtiva kattega magnetit (tüüpiliselt enamus poest saadavad)
- magnetite suurus võiks olla umbes 1 euro mündi suurusjärgus.
- AA patarei
- Traat, kirjaklamber
- Alumiiniumist foolium



Kuidas teha?

Pöörlemiseljeks kinnita patareile kirjaklamber (või muu peenem traat). Traat (klamber) on vaja justkui keerata ümber patarei parasjagu, et hoiab end ümber patarei, ning patarei pinnaga risti suunas ulatuks välja sirge traadi osa. Asetada mõlemasse patarei otsa magnetid (jäävad ise kinni). Veendu, et magneti servad on kõrgemal kui patarei, kusjuures efekt on kontrastsem, kui servad on kõrgemal, mitte päris patarei välispinna tasandil. Lõika fooliumist ketas. Ketta keskele tekita auk, nii et see ei oleks liiga suur, ega liiga kitsas traadi jaoks. Efekti esile kutsumiseks aseta ketas traadi otsa, nii et ketta ääred puudutaksid magneteid. Niipea, kui ketas juhib elektrit, tekib magnetjõu kaasmõjul jõud, mis pöörab ketast.

NB! Efekt ei pruugi kohe ilmned. Vaja on luua piisavalt soodsad tingimused. Olulisteks kohtadeks on ketta suurus, ketta kvaliteet (siledus, sümmeetrilisus), magnetite asetus, magnetite kuju, patarei jõudlikkus (eelista kasutamata patareid).

Hoia seadeldist sõrmede vahel, aidates kergelt kaasa efekti tekimisele. Kui tegid kõik õigesti, võib ketas pöörelda pikka aega, enne kui ära väsis!

Olulised nõuanded:

Vajadusel kasuta teipi traadi kinnitamisel patareile.

Effekti tekkimiseks on vaja, et kasutatavad magnetid oleksid kaetud elektrit juhtiva kihiga (enamus poes pakutavad) ning ketta kujulised, peenemat sorti servaga (metallraha sarnane).

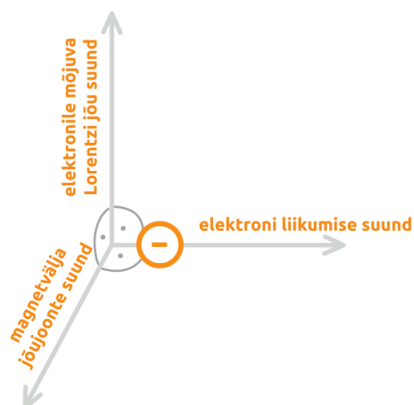
Ole valmis lõikama rohkem kui 1 kord, kuna seadeldis on tundlik ketta suurusele (parim suurus on veidi üle patarei otste ulatuv). Foolium on õhuke ning kortsutub kergesti, seega ole ettevaatlik ja katsuge ketas võimalikult sile hoida.

Magnetil on 2 erinevat poolust, mistõttu kahel magnetil on 4 erinevat kombinatsiooni, kuidas nad kinnitada patareile. Kui efekti ei ilmne, proovi magnetite poolusi vahetada.

Joonis 3.9: Õpetajajuhend

Teoreetiline taust

Magnetväljas liikuvale laengukandjale mõjub Lorentzi jõud. Lorentzi jõud on suunatud risti nii magnetvälja jõujoonte suunaga ning laetud osakese liikumise suunaga. Antud katses tekitame magnetitega magnetvälja. Luues ühenduse patarei klemmide vahel läbi fooliumketta tekivad liikuvad laengukandjad fooliumi “sees”. Lorentzi jõud ei ole piisavalt suur, et eemaldada laengukandjad fooliumkettalt, mistõttu ketas pöörleb Lorentzi jõu suunas kaasa. Kui Maxwelli seadused määratlevad laetud osakeste, voolu, liikuvate laengukandjate põhjustatud elektri- ja magnetvälja, siis Lorentzi jõud justkui “täiustab pildi” määrales liikuva laenguga osakese käitumise elektri-, magnetväljas.



Märksõnad internetiotsinguks:

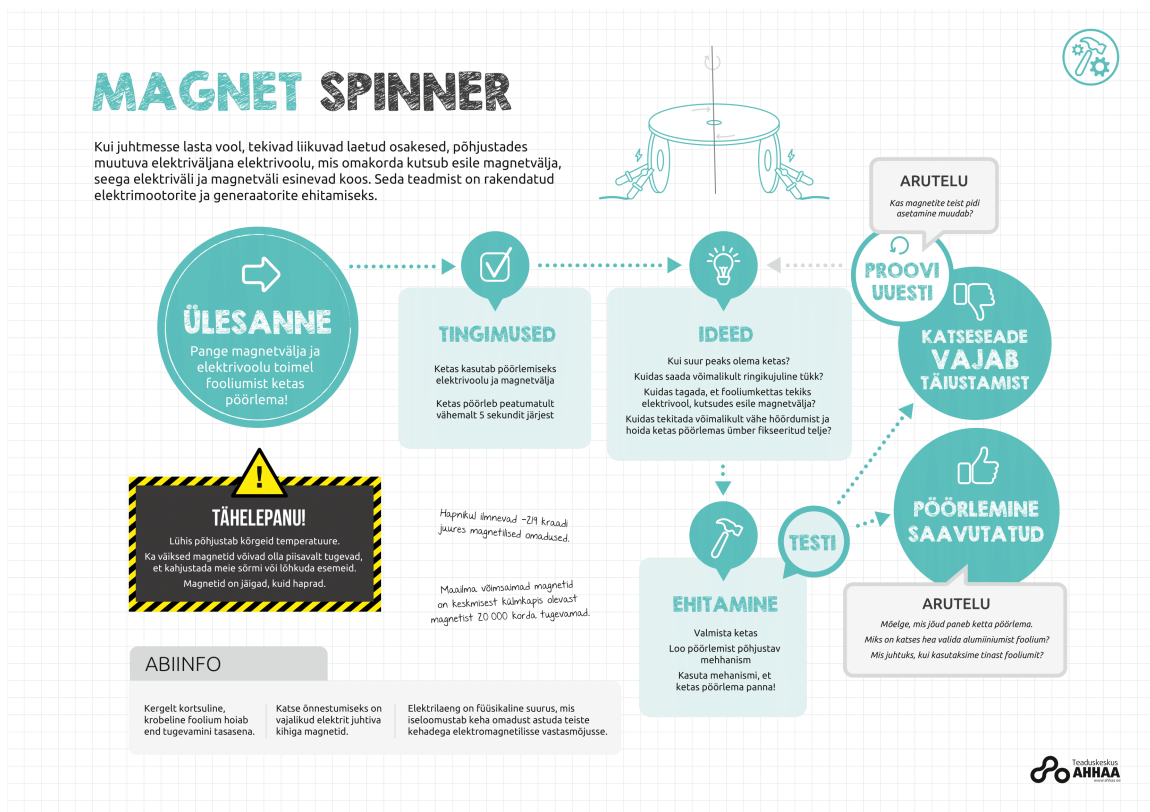
Spinning foil motor, Lorentz force, Electric field force, magnetic field forc

Joonis 3.10: Õpetajajuhend

Lisa 5


Lisa 5

Valminud õppekaart "Magnet Spinner" esikülj ja tagakülj. Versioon 0.9





Joonis 3.11: Esikülj


MAGNET SPINNER

 Joonistage skeem pöörlemise mehhanismist.

 Skitseerige loodud mehhanismi jöujooned ja märkige elektrivoolu suund.

 Pange kirja võimalikult palju tegureid, mis mõjutavad ketta pöörlemise kiirust.

 Mida saaksite teha, et mehhanism oleks võimsam (kiirem pöörlemine, kannatab suuremat ketast)?

 Pange oma sõnadega lühidalt kirja selgitus, mis kirjeldab mehhanismi tööpõhimõtet, kasutades mõisteid: liikuv laengu kandja, elektriväli, magnetväli, jõud.

 **MÄRKSONAD INTERNETIOTSINGUKS**
Magnetväli, elektriväli, punktlaeng, elektromagnet

Joonis 3.12: Tagakülg

MAGNET SPINNER



Ajakulu

45 min



Seotud teemad

ELEKTRIVÄLI

ELEKTRILAENG

ELEKTRIVOOL

MAGNETVÄLI

ELEKTROMAGNET



Katsevahendid rühmale

- 2 elektrit juhtiva kattega magnetit (tüüpiliselt enamus poest saadavad) magnetite suurus võiks olla umbes 1 euro mündi suurusjärgus.
- AA patarei
- Traat, kirjaklamber
- Alumiiniumist foolium



Kuidas teha?

Pöörlemisteljeks kinnita patareile kirjaklamber (või muu peenem traat). Traat (klamber) on vaja justkui keerata ümber patarei parasjagu, et hoiab end ümber patarei, ning patarei pinnaga risti suunas ulatuks välja sirge traadi osa. Asetada mõlemasse patarei otsa magnetid (jäävad ise kinni). Veendu, et magneti servad on kõrgemal kui patarei, kusjuures efekt on kontrastsem, kui servad on kõrgemal, mitte päris patarei välispinna tasandil. Lõika fooliumist ketas. Ketta keskele tekita auk, nii et see ei oleks liiga suur, ega liiga kitsas traadi jaoks. Efekti esile kutsumiseks aseta ketas traadi otsa, nii et ketta ääred puudutaksid magneteid. Niipea, kui ketas juhib elektrit, tekib magnetjõu kaasmõjul jõud, mis pöörab ketast.

NB! Efekt ei pruugi kohe ilmned. Vaja on luua piisavalt soodsad tingimused. Olulisteks kohtadeks on ketta suurus, ketta kvaliteet (siledus, sümmeetrilisus), magnetite asetus, magnetite kuju, patarei jõudlikkus (eelistata kasutamata patareid).

Hoia seadeldist sõrmede vahel, aidates kergelt kaasa efekti tekimisele. Kui tegid kõik õigesti, võib ketas pöörelda pikka aega, enne kui ära väsis!

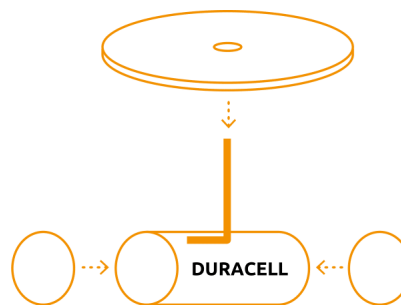
Olulised nõuanded:

Vajadusel kasuta teipi traadi kinnitamisel patareile.

Efekti tekkimiseks on vaja, et kasutatavad magnetid oleksid kaetud elektrit juhtiva kihiga (enamus poes pakutavad) ning ketta kujulised, peenemat sorti servaga (metallraha sarnane).

Ole valmis löikama rohkem kui 1 kord, kuna seadeldis on tundlik ketta suurusele (parim suurus on veidi üle patarei otste ulatuv). Foolium on õhuke ning kortsutub kergesti, seega ole ettevaatlik ja katsuge ketas võimalikult sile hoida.

Magnetil on 2 erinevat poolust, mistõttu kahel magnetil on 4 erinevat kombinatsiooni, kuidas nad kinnitada patareile. Kui efekti ei ilmne, proovi magnetite poolusi vahetada.



Joonis 3.13: Õpetajajuhend

Kuidas selgitada?

Elektronid omavad laengut, mis põhjustavad elektrivälja. Elektrivoolust võib mõelda kui elektronide kiirest liikumisest. Iga elektroni liikumisel liigub ka elektriväli, mis alati ümbritseb elektroni. Elektriväli ja magnetväli on teineteisega seotud ning seetõttu kutsuvad elektroni liikumise esile ka magnetvälja.

Antud katses tekib elektrivool patarei otste vahel läbi fooliumist ketta. Seega ümbritseb fooliumketast ka elektriväli ning magnetväli.

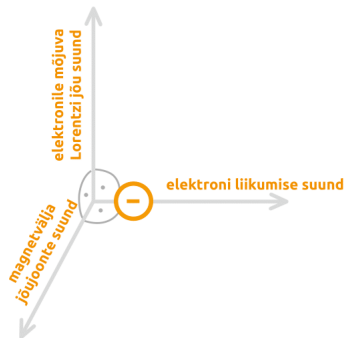
Patarei otstesse paigutatud püsिमagnetid loovad katseobjekti ümbrusesse omakorda magnetvälja.

Patarei otstesse paigutatud püsिमagnetite poolt tekitatud magnetväli ning elektrivoolu tekitatud magnetväli mõjuvad üksteisele sarnaselt nagu kaks püsिमagnetit meie sõrmede vahel. Elektronid on fooliumketta sees justkui "kinni" ning seega kahe magnetvälja vahel mõjuv jõud paneb elektronid koos kettaga pöörlema.

Magnetväljas elektroni liikumist kirjeldab ka Lorentzi jõud. Jõu tugevuse ja suuna määravad elektroni liikumise kiirus, laengu suurus ning magnetvälja tugevus. Lorentzi jõud on suunatud risti magnetvälja jõujoone suunaga ning elektroni liikumise suunaga.

Lühidalt ja lihtsalt:

Meil tekib kaks üksteisele vastu mõjuvat magnetvälja. Ühte neist põhjustavad liikuvad elektronid elektrivoolu toimetel. Teist tekitavad püsिमagnetid patarei otstes. Magnetid õigesti paigutades saavutame pöörlemise. Magneteid ringi vahetades saavutame teisi pidi pöörlemise.



Märksõnad internetiotsinguks:

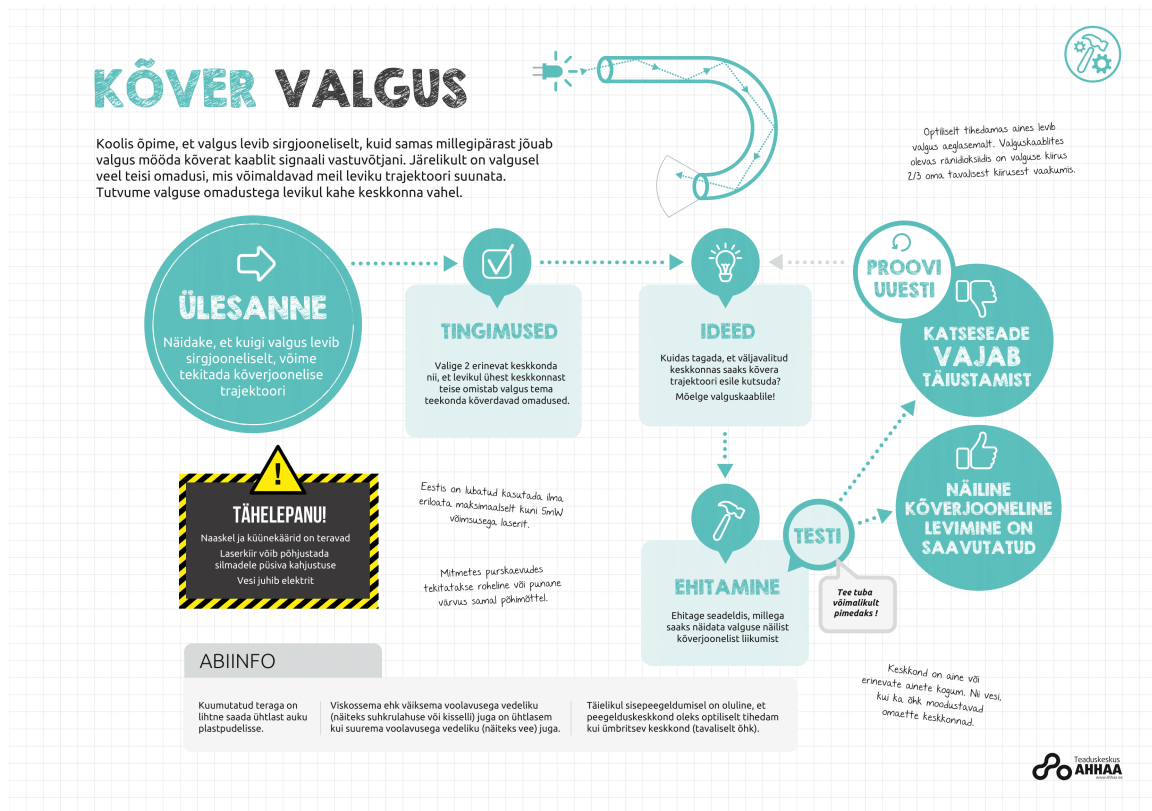
Spinning foil motor, Lorentz force, Electric field force, Magnetic field force

Joonis 3.14: Õpetajajuhend

Lisa 6

Lisa 6

Valminud õppekaart “Köver Valgus” esikülj ja tagakülj. *Versioon 0.9*



Joonis 3.15: Esikülj

KÕVER VALGUS

Milliseid keskkondi plaanite kasutada?

Millisesse keskkonda suunate valguse, et manipuleerida trajektooriga?

Skitseerige joonis katseseadmest ning märkige peale valguskire trajektoori.

Uurige teiste rühmade seadmeid. Mida saaksite teistelt õppida?

Mõttele nähtuse peale. Kus saaks seda rakendada?

Kus seda efekti juba praegu kasutatakse?

Jätke ainete loetelu vabalt valitud ainetega.

Aine	Murdumisnäitaja
Vaakum	
Õhk	
Vesi	
Ränidioksiid	
Teemant	
Etanool	

Millised keskkonnad valida, et saavutada kvaliteetsem efekt?

Kas nähtust saaks korraldada ka vee all?

Aga Kuu peal?

MÄRKSONAD INTERNETIOTSINGUKS
 Täielik sisepeegeldumine (*total internal reflection*), valguskaabel, murdumisnäitaja (*index of refraction*), optiline tihedus.

Joonis 3.16: Tagakülg

KÕVER VALGUS



Ajakulu

45 min



Seotud teemad

LANGEMISNURK

PEEGELDUMISNURK

MURDUMISNURK

VALGUSKAABEL

TÄIELIK SISEPEEGELDUS



Katsevahendid rühmale

- Läbipaistev anum
- käsilaser

Tööriistad ja lisad:

- Terava otsaga tööriist
- koht, kuhu vesi saaks langeda
- ruumi pimedaks tegemise võimalus



Kuidas teha?

Üheks võimaluseks on kasutada lihtsat, kuid efektiivset meetodit kasutades pudelit ja vett: eemaldage plastpudelilt kõik segavad faktorid (sildid jms) ning tehke auk umbes keskohta. Augu tegemisel võib kasutada küünekääre või naaskli sarnaseid tööriistu. Kõige ilusama augu saab kui kuumutada naaskli teravik ning seejärel sulatada pudelisse ühtlane ava.

Iseenesest sellega ongi katseeadeldis valmis. Pudel on vaja paigutada nii, et väljuval veel oleks koht kuhu langeda. Kõige lihtsam on selleks võtta kauss või kasutada kraanikaussi. Kausi puhul saab pudeli alla paigutada kõrgenduseks miskit, et veejuga lihtsamini üle kausi ääre ulatuks.

Määrake rühmas keegi, kes näitaks näiteks telefoniga valgust, kui ruum on pime. Valage pudel vett täis, otsustage kes suunab laserit ning tehke ruum pimedaks. Efekt on nähtav ka ilma ruumi pimedaks tegemata, kuid ei ole nii selgelt näha.

Katse võib alata! Suunake laser ava vastaspoolelt pudelile nii, et laserkiir oleks sunatud veejoa algmesse olles väljavooluga samas suunas.



Teoreetiline taust

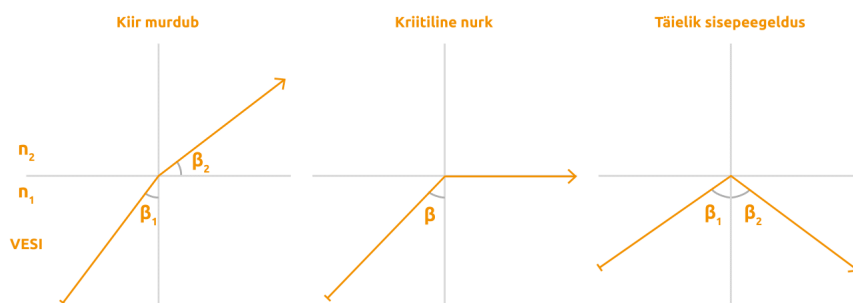
Valguse levides ühest keskkonnast teise muutub valguskiire suund. Kui valgus levib optiliselt hõredamast keskkonnast tihedamasse, siis vastab igale langemisnurgale ühtlaselt mingisugune murdumisnurk. Kui aga valgus levib tihedamast keskkonnast hõredamasse piisavalt väikese nurga all, nagu näiteks käesaolevas katses, tekib efekt, mida nimetatakse täielikuks sisepeegeldumiseks.

Täieliku sisepeegeldumise korral puudub ainet välja murduv valguse osa. Selle asemel peegeldub kogu valgus. Sellel põhimõttel juhib valguskaabel valgusimpulsse. Valguskaablid on tehtud optiliselt tihedast ehk suure murdumisnäitajaga ainetest. Tihti kasutatakse kaablites ränidioksiidi.

Vaadeldes joogikõrt vedelikuga klaasis näeme, et kõrs justkui ei oleks sirge. See on põhjustatud vedelikust kui tihedamast keskkonnast välja murduva kiire murdumisnurgast, mida kirjeldab Snelli seadus.

Seni kestnud õppekavas õpetatakse, et valgus levib sirgjooneliselt. Seetõttu on antud katse ideaalne suunamaks õpilased mõtlema valgusest ja demonstreerida valguse omadusi. Edukalt sooritanud õpilane saab aru, et kaabli või veejoa sees valgus ei paindu ega kõverdu vaid peegeldub sirglõikudena täieliku sisepeegeldumise tõttu.

Joonis 3.17: Õpetajajuhend



Snelli seadus $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$



Märksõnad internetiotsinguks:

Total internal reflection, murdumisnäitaja, peegeldumis-, murdumis-, langemisnurk.

Joonis 3.18: Õpetajajuhend

Lisa 7

Lisa 7

Õppekaart "Kõver Valgus" mustand esikülj. Versioon 0

KÕVER VALGUS

Koolis õpime, et valgus levib sirgjooneliselt. See on küll tõsi, kuid valgusel on veel teisi omadusi, mis võimaldavad meil leviku suunaga manipuleerida. Üheks selliseks omaduseks on sisepeegeldumine. Sisepeegeldumine on oluline aspekt näiteks valguskaablites.

Valguskaablites on vee asemel klaasi sarnane materjal, milles valgus murdub valguse osa on väga väikene. Steefferi saame infof eelastada lähedal valguse kiirusele.

1 ÜLESANNE

Valmistage veejoo abil laserkiirt kõverdav katseseadeldis.

2 KATSE PLANEERIMINE

Mõtke, kui kõrgel võiks olla veenire väljumiskoht. Kui jäme võiks olla veenire, arvestades laserkiire jämedust? Harjuta laserkiire suunamist pudeli küljevale enne vee lisamist!

3 VALMISTA SEADELDIS

Eemalda pudelilt laserkiirt ja veejuga segavad faktorid.

1. Tekita parajale kõrgusele pudeli küljele auk, kust vesi saaks väljuda.
2. Täida pudel veega.

VAJA LÄHEB:

- Käsilaser
- Pudel
- Terava otsaga tööriist näiteks nael, küünekäär.
- Koht, kuhu pudelist väljuv veenire koguneks

4 EKSPERIMENT

TEE TUBA VÕIMALIKULT PIMEDAKS!

Suuna laserkiir väljuva veejoo algesse ning observeeri.

ARUTLE

Kas liigkasime ümber fakti, et valgus levib sirgjooneliselt? Miks laserkiir kõvera trajektoori omistab? Veetaseme langedes muutub väljuv nire. Kas efekt on selgem suurema või väiksema nire korral?

Kas eksperimenti saaks korraldada ka kosest alla voolava jõe? Selgusi tekitada kumab pinnast või rohelisest.

Mitmes ühikes purskaevudes tekitatakse roheline või punane värvus samal põhimõttel.

TÄHELEPANU!

Ole naaskliga, küünekäärdega ettevaatlik! Ära laserkiirt silmale suuna! Võib põhjustada püsiva kahjustuse! Kui oled kõrgis, ole ettevaatlik veega elektripesade ja ühendatud köögimasinatega.

ABIINFO

- Kuumutatud teraga on lihtne saada ühtlast auku plastpudelisse.
- Viskoosema ehk paksema vedelikuga tekib pikem puhas juga, enne kui juga tilkadeks muutub (näiteks kissell)

AHAA

Joonis 3.19: Mustand esiküljelt