

TARTU ÜLIKOOL
LOODUS-JA TÄPPISTEADUSTE VALDKOND
FÜÜSIKA INSTITUUT
Koolifüüsika keskus

Martin Pääsik

KOOLIFÜÜSIKA PRAKTILISE ÕPPEMATERJALI KOOSTAMINE ÜLIJUHTIVUSE,
SOOJUSPAISUMISE JA TAHKUMISE TEEMADEL JA ÕPETAJATE HINNANGUD
LOODUD ÕPPEMATERJALIDELE

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Juhendaja
PhD Svetlana Ganina

Tartu 2018

INFOLEHT

Koolifüüsika praktilise õppematerjali koostamine ülijuhtivuse, soojuspaisumise ja tahkumise teemadel ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjalidele

Käesoleva bakalaureusetöö raames viidi läbi uurimus, mille eesmärgiks oli koostada õppematerjalid videote ja töölehtede näol, et suurendada õpilaste huvi füüsika vastu ning lihtsustada füüsika õpetajate tööd. Eesmärkide täitmiseks filmiti videod ja koostati nende põhjal töölehed. Nendele saadi tagasiside kolmelt eksperdilt.

Märksõnad: õppematerjalid, koolifüüsika, katsed, videod ja töölehed, soojuspaisumine, ülijuhtivus, tahkumine (külmutamine)

CERCS: S270 - Pedagoogika ja didaktika

Creating practical study materials for school physics about superconductivity, thermal expansion and solidification and teachers' feedback on created study materials

This thesis was conducted as a study that had a purpose to make new study materials as videos and worksheets to increase students' interests to physics and to make teachers' work easier. To execute the goals, videos were filmed and worksheets made. To these studymaterials a feedback was given by three experts.

Keywords: study materials, school physics, experiments, videos and worksheets, thermal expansion, superconductivity, solidification (freezing)

CERCS: S270 - Pedagogy and didactics

SISUKORD

| | |
|--|----|
| INFOLEHT | 2 |
| SISSEJUHATUS..... | 4 |
| 1. TEOREETILISED ALUSED..... | 6 |
| 1.1. Kogemuslik õpe füüsika tundides | 6 |
| 1.1.1 Katsed ja vaatlused füüsika tundides | 7 |
| 1.2. Koolifüüsika..... | 9 |
| 1.2.1 Soojuspaisumise olemus | 10 |
| 1.2.2 Tahkumise olemus..... | 12 |
| 1.2.3 Ülijuhtivuse olemus..... | 13 |
| 2. UURIMUSE EESMÄRK JA METOODIKA | 15 |
| 2.1. Uurimuse eesmärk..... | 15 |
| 2.2. Uurimistöö etapid..... | 15 |
| 2.3. Valim..... | 21 |
| 2.4. Mõõtevahend..... | 21 |
| 2.5. Valiidsus ja reliaablus | 21 |
| 3. TULEMUSED JA ARUTELU..... | 23 |
| 3.1. Õpetajate tagasiside videote kohta | 23 |
| 3.2. Õpetajate tagasiside töölehtede kohta | 24 |
| 3.2. Õpetajate hinnangulised võimalused ülijuhtivuse teema õpetamiseks | 25 |
| 3.3. Uurimistulemuste analüüs ja ettepanekud füüsika aine tõhustamiseks..... | 26 |
| 3.4. Töö piirangud ja praktiline väärtus | 27 |
| KOKKUVÕTE..... | 28 |
| SUMMARY | 29 |
| TÄNUSÕNAD..... | 30 |
| KASUTATUD ALLIKAD..... | 31 |
| LISA 1 Uurimuse läbiviimiseks kasutatud instrument | 34 |
| LISA 2 Uurimuse läbiviimiseks kasutatud instrument | 35 |
| LISA 3 Uurimuse läbiviimiseks kasutatud instrument | 37 |
| LISA 4 "Ülijuhi demokats" | 38 |
| LISA 5 "Õhu paisumine 1" , "Õhu paisumine 2" | 38 |
| LISA 6 "Porgandi külmutamine", "Õuna külmutamine" | 38 |

SISSEJUHATUS

Viimaste aastate uuringute tulemused näitavad, et õpilased hindavad üha enam loodusainete õppimise vajalikkust, kuid endiselt on teemavaldkondi, mille õppimise vastu nad huvi ei tunne, kuna need on vähe seotud nende igapäevaelu või sotsiaalse keskkonnaga. (Teppo ja teised, 2017) PISA 2015.a uuringu tulemused näitavad, et 37% Eesti 15-aastastest õpilastest loodusteaduste õppimine ei huvita, mis tähendab, et nende hulka kuulub peaaegu iga neljas õpilane (PISA 2015).

Vabariigi Valitsuse 6. jaanuari 2011.a määrusega nr 1 või 2 (vastavalt siis kas põhikool või gümnaasium) on kehtestatud, et füüsikateadmised peaksid looma teoreetilise aluse, et mõista seoseid looduse, tehnika ja tehnoloogia vahel. Autor on seisukohal, et kehtestatud eesmärged on raske saavutada, kuna praegused füüsikatunnid on tihti abstraktsed, mistõttu ei tunne lapsed loodusteaduste vastu huvi.

Viimastel aastatel on paljud uuringud esile tõstnud asjaolu, et õpilaste huvi loodusteaduste ja matemaatika vastu on olulisel määral vähenenud. Vaatamata mitmetele projektidele ja meetmetele, mida on kasutusele võetud ja rakendatud on paranemise märgid selles valdkonnas veel tagasihoidlikud. Erinevad Euroopas läbi viidud uuringud on leidnud, et õpilaste huvi puudumine loodusainete vastu on tingitud eelkõige sellest, kuidas neid aineid üldhariduskoolis õpetatakse. (Anier, 2010)

Käesoleva uuringu autor on arvamusel, et kui õpilase motivatsioon õppida loodusteaduslikke õppeaineid on positiivne, siis ta tunneb õpitava vastu huvi ning on valmis jätkama vastava aine õpinguid kõrgkoolis. Kui aga õpilased huvi ei tunne, siis ei jätkata vastava valdkonna õpingutega kõrgkoolides, see mõjutab kokkuvõttes ühiskonda kui tervikut, sest füüsikuid peetakse üldiselt väga lahtise peaga inimesteks, kes saavad hakkama igal elualal, seetõttu tuleb soodustada õpilaste saamist füüsikuteks.

On läbi viidud erinevaid uuringuid, kuidas koolifüüsikat populariseerida. Eelnevad uuringud näitavad, et õpilaste meelest muudavad füüsikatunni huvitavaks katsed, õpetaja suhtlemis- ja õpetamisoskus, õppeaine seos igapäevaeluga ning videote ja filmide näitamine (Ganina, 2016). Autorile teadaolevalt ei ole eelnevate uuringute käigus videomaterjale füüsika tundide lihtsustamiseks ise koostatud. Käesoleva bakalaureusetöö tulemusena valminud videomaterjalide abil püüab autor tekitada ja suurendada õpilastes huvi füüsika vastu ning

lihtsustada füüsika õpetajate tööd läbi enda poolt kavandatud videote ja nende alusel koostatud tööülesannete.

Käesolev töö on vajalik, et aru saada, kas videote kasutamine füüsika õpetamisel on kasulik. Erinevad õppevormid peaksid muutma füüsikalised protsessid arusaadavamaks, lihtsamaks ja huvitavamaks. Seetõttu on käesoleva bakalaureusetöö täiendavaks eesmärgiks välja selgitada, kuidas aitavad õpetajate hinnangul käesoleva töö autori poolt loodud katsed aru saada füüsikalistest temadest ning millised on koolide reaalsed võimalused sarnaseid katseid läbi viia.

Bakalaureusetöö on jagatud kolmeks suuremaks peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade katsete ja vaatluste tähtsuse ning protsesside - ülijuhtivuse, soojupaisumise ja tahkumine olemuse - kohta. Teises peatükis tutvustatakse uurimismetoodikat. Kolmandas peatükis esitatakse uurimuse raames saadud tulemusi, arutelu saadud tulemuste põhjal ning autori ettepanekuid lähtudes saadud tulemustest.

1. TEOREETILISED ALUSED

1.1. Kogemuslik õpe füüsika tundides

Kogemuslik õpe põhineb eeldusel, et tõeliseks õppimiseks peavad õpilased olema õppeprotsessis pigem aktiivsed osalised kui õpetaja edastatava teabe passiivsed vastuvõtjad. Kõige tuntum kogemusliku õppe pooldaja oli haridusfilosoof John Dewey. Dewey uskus kindlalt, et *"nael kogemust on parem kui tonn teooriat lihtsalt seetõttu, et ainult kogemuses peitub mistahes teooria eluline ja tõestatav tähendus"*. Dewey oli ühtlasi kindel, et hariduslik keskkond peab õppija arengule aktiivselt kaasa aitama (Sweitzer & King, 2004). Käesoleva töö autor on seisukohal, et kogemuslik õpe avaldub praktilise töö kaudu ning on väga oluline, sest reeglina pakub lapsele huvi see, mida ta saab katsuda ja kogeda.

Ülenurme gümnaasiumi valikaine "Füüsika praktikum" juhendis kirjeldati praktilist tööd kui tegevust, kus õpilane saab omandatud teadmisi rakendada praktikas erinevaid katseid sooritades. Kindla eesmärgiga katsed aitavad tekitada suuremat huvi õppeaine vastu ning aitavad huvi aine vastu hoida, neil on oluline roll teadmiste omandamisel, kinnistamisel ning rakendamisel erinevates olukordades (Ülenurme Gümnaasium, 2017). Loodusteaduste: füüsika, keemia, bioloogia ja geograafia õppimist on raske ette kujutada ilma praktiliste töödeta. Mõned uurijad peavad praktilist tööd nii tähtsaks, et võrdsustavad praktiliste tööde tegemise oskuse lugemisoskusega, rõhutades erialast lugemisoskust. Kuna õppekavas on rõhutatud loodusteaduste õpetamisel ka emotsionaalset aspekti, siis praktiline töö on kindlasti üks valdkond, kus tekib emotsioone enam kui tavatunnis (Kask, 2009). Kahjuks nõutakse loodusteaduste tundides õpilastelt tihti faktide päheõppimist. See viib aga loodusteaduste muutumiseni arusaamatuks ja igapäevaeluga mitteseotud asjaks (Kask, 2010).

Türgis tehti uuring, kus uuriti, kuidas õpilased suhtuvad niinimetatud stuudio klassiruumi. See on selline õppeviis, kus õpilastele on loodud keskkond, mis lubab neil suhelda üksteisega ja õpetajaga. Selline õppeviis loodi, sest viimased uuringud on näidanud, et õpilastel pole piisavat arusaamist konkreetsetel teemal, kuigi nad oskavad lahendada teemaga seotud ülesandeid. Leiti, et õpilased saavad teemadest rohkem aru, kui nad saavad antud teemasid läbi arutada oma kaaslastega. Uuringus selgus, et õpilased peavad sellist suhtluspõhist õpet väga positiivseks kogemuseks. Neile meeldis kodu- ja laboratoorsetöö vaheline integreerumine, grupitöö ja võimalused suhelda klassiruumis õpetaja ja kaaslastega (Gok, 2011). Sarnane uuring tehti ka Irimaal, kus uuriti põhikooli õpilaste suhtumist füüsika

õpetamisse. Õpilased olid väga positiivselt meelestatud, et neile pakuti võimalust õppida interaktiivselt gruppitööd tehes (Murphy jt, 2011).

1.1.1 Katsed ja vaatlused füüsika tundides

Füüsikute tähtsaimateks uute teadmiste saamise allikaks peetakse eksperimente ja vaatlusi. Vaatluste ja analüüside alusel püüavad füüsikud kindlaks teha seaduspärasusi, mis kirjeldavad loodusjõude. Leidlikkus, loomingulisus ja soov midagi uut välja mõelda ja avastada aitavad füüsikul püstitada põnevaid uurimisprobleeme ning neile siis ka lahendus leida (CVkeskuse artikkel, 2009). *"Füüsikas on väga oluline, et õpilased saaksid katse tegemisel kõik etapid läbi proovida. Mul on viis kapitait katsevahendeid ning oma õpilastega Tallinna Balletikoolis teen poolaastas kaks suuremat ning viis-kuus väiksemat katset,"* nii ütles Käthi Niman, füüsikamagistrant, kes õpetab füüsikat Tallinna Balletikoolis (Must, 2014).

Anier uuris oma töös füüsikakatsete tähtsust koolifüüsikas, milline on õpilaste suhtumine füüsika tundi ja katsete tegemisse, ning kas õpilased peavad füüsikat raskeks õppeaineks. Magistritöö tulemusena leiti, et uurimuses osalenud õpilased pidasid oluliseks füüsika tunnis katsete tegemist. Õpilased eelistavad virtuaalkatsetele klassiruumis läbiviidavaid katseid, sest katsete tegemine ise aitab õpilastele erinevaid nähtusi paremini mõista ning tõstab nende huvi füüsika vastu. Katsete tegemine muudab õpilase jaoks ainetunni huvitavamaks ning suurendab ka õpilaste huvi teaduse vastu. Mitmed uuringud on näidanud, et katsete tegemine annab häid tulemusi ning parandab õpilaste arusaamist. (Anier, 2010)

Kahjuks pole paljudes koolides vahendite komplekte, et kõik õpilased saaksid katseid ise sooritada. Teine probleem on, et katsevahendid on aegunud ja koolidel pole piisavalt raha, et need välja vahetada. Sellepärast tuleb tihti piirduda õpetajate demonstratsioonkatsetega ja oma käega kõike proovida ei saa. Kolmas probleem katsete tegemisel koolis on ajahulk, mis kulub katsete läbi viimiseks. Õpetajad piirduvad demonstratsioonkatsete või virtuaalkatsetega, sest kindel hulk materjali on vaja aasta jooksul läbi võtta ja katsete tegemine paljude õpilastega klassides on keeruline ja aeganõudev. (Timakova, 2015)

Vana viitas oma uuringus (1996) Šahmajevi ja Šilovi raamatule "Füüsikaline eksperiment keskkoolis", millest loeti välja, et demonstratsioonkatset saab mehaanika õpetamisel kasutada järgmistel eesmärkidel:

1. Õpetaja selgituse illustreerimiseks,
2. Õpitava nähtuse demonstreerimiseks,
3. Eksperimentaalseks toeks uute mõistete õpetamisel,
4. Demonstreerimaks nähtuse kasutamist tehnikas,
5. Õpilaste huvi äratamiseks füüsika suhtes,
6. Probleemi püstitamiseks,
7. Õpilaste poolt välja öeldud arvamuse ekslikkuse kontrolliks,
8. Omandatud teadmiste kontrolliks,
9. Füüsikaliste nähtuste uurimise eksperimentaalsete meetodite tutvustamiseks õpilastele.

Käesoleva töö autor on seisukohal, et eeltoodud eesmärgid on väga head mehaanika õpetamisel, kuid arvab ka, et see ei kehti ainult mehaanika kohta. Pahas uuriti kuidas õpilased suhtuvad niiõelda käed käiku katsetesse ja demonstratsioonkatsetesse. Tulemustest selgus, et õpilaste huvi ja vajalikkus vastavate projektide kohta oli sarnane, aga nad tundsid suuremat pinget, kui pidid ise katseid tegema (Snětinová ja teised, 2018). Demonstratsioonkatsete üheks peamiseks eesmärgiks on näidata lihtsustatud mudeli abil, mida üks või teine nähtus, seade või protsess endast kujutab (Vana, 1996). Demonstratsioonkatseted on väga head kogu füüsika õpetamisel, sest need teevad füüsika õpilaste jaoks reaalsemaks.

Katsete erinevad vormid (demonstratsioon, praktilised ülesanded, videod) on kindlasti võimalikud tööriistad, et suurendada õpilaste huvi füüsika vastu. Muidugi käib vaidlus, millised neist on kõige tulusamad. Interneti videote vaatamine on suureneva tähtsusega moodus, kuidas tehnoloogia panustab füüsika õpetamise parandamisse. Õpilased ja õpetajad on hakanud tuginema videotele, mis annavad neile sisulisi teadmisi mingis teemas kaasa rääkimiseks. (Lincoln, 2017)

Videote kasutamine õppe-eesmärkidel kasvab kiiresti kõikides valdkondades ja tasemetel. Füüsika õpetamise videosid leiab paljude ülikoolide ja teiste õppeinstituutide veebilehtedelt üle maailma. Eksperimentaalfüüsika valdkonnas näitavad videod peamiselt füüsika nähtusi või katseid ja väga vähesed videod näitavad meile mingite füüsikaliste

parameetrite kvantitatiivseid väärtusi. Videosid saab kasutada füüsika õpetamisel, demonstreerimiseks, laboritöö tutvustamiseks ja isegi laboris, kui vajalikku materjali pole või mõõtmised võtaksid liiga kaua aega. Õpilased ise arvasid, et videod on pigem teisejärgulised abivahendid, mis ei asenda reaalselt katset, mida teha oma kätega. (Pilakouta ja teised, 2012)

Eelnevalt on uuritud, mida peavad õpilased füüsika tundides meeldivaks ja ebameeldivaks. Kollo (2015) ja Anieri (2010) töödest võib järeldada, et katsetel on väga oluline roll füüsika õppimisel. Toodi välja, et füüsika seostumine igapäevaeluga ja katsed on just need aspektid, mis muudavad füüsika õppimise arusaadavaks, lihtsaks ja loogiliseks. Õpilased arvasid, et kui nad saavad tunnis katseid teha, siis mõistavad nad füüsikat rohkem ja see muutub neile meeldivamaks aineks. Kollo uuringus osalenute arvates on huvitav vaadata katseid, mida klassiruumis näiteks ohutusnõuete tõttu teha ei saa. Käesoleva bakalaureusetöö autor arvabki, et täpselt sellisel hetkel saakski kasutusele võtta videod. Neid saab näidata ekraanilt ja samas on õpilastel pilt ees, et kuidas miski toimib.

1.2. Koolifüüsika

Füüsika kuulub loodusainete valdkonda ning sellel on tähtis koht õpilaste loodusteaduste- ja tehnoloogiaalase kirjaoskuse kujunemises. Füüsika tegeleb loodusnähtuste seletamise ja vastavate mudelite loomisega ning on tihedalt seotud matemaatikaga. Füüsika paneb aluse tehnika ja tehnoloogia mõistmisele ning aitab väärtustada tehnilisi elukutseid. (Põhikooli riiklik õppekava, lisa 4, 2011)

"Füüsika peamiseks uurimismeetodiks on katse. Kui vaatlus toimub meile looduse poolt ette antud tingimustes, siis katse on kunstlik nähtuse tekitamine kindla ettemääratud eesmärgiga. See on nagu küsimus loodusele, et teada saada looduse käitumist teatavates ette kindlaks määratud tingimustes." Katsetele tuleb panna suurt rõhku ka koolifüüsikas. Koolikatseted võib jaotada kõige laiemas plaanis laboratoorseteks katseteks ja demonstratsioonikatseteks. Laboratoorsed tööd ja laboratoorsed katsed sooritavad õpilased. Demonstratsioonikatseted viib läbi õpetaja, keegi kolmas isik või organisatsioon. (Vana, 1996)

Põhikooli füüsikakursus käsitleb väikest osa füüsikalistest nähtustest ja loob aluse, millel hiljem tekib tervikpilt füüsikast kui loodusteadusest. Füüsikat õppides saab õpilane esialgse ettekujutuse füüsika keelest ja õpib seda kasutama. Füüsikaõppes seostatakse õpitavat

igapäevaeluga, matemaatiliste oskustega, tehnika ja tehnoloogiaga ning teiste loodusainetega. (Riiklik õppekava, lisa 4, 2011)

Õppekavas seisab, et õpitav materjal peaks olema võimalikult probleemipõhine ning igapäevaeluga seostatud. Õpilase motivatsiooni saavutamiseks kasutatakse erinevaid aktiivõppevorme: probleem- ja uurimuslik õpe, projektõpet, arutelu, ajurünnakuid, rollimänge, õuesõpet, õppekäike jne (Riiklik õppekava, lisa 4, 2011). Käesoleva töö autor on, oma kogemuse põhjal, seisukohal, et kooli materjal on pigem fakti- ja valemipõhine, katseid ja praktikat on küllaltki vähe ja erinevaid aktiivõppevorme kasutatakse palju vähem, kui nõutud on.

Põhikoolis õpetatavad teemad on:

1. Valgusõpetus, kus räägitakse valgusest üldiselt ja selle sirgjoonelisest levimisest, valguse peegeldumisest ja valguse murdumisest.
2. Mehaanika, kus keskendutakse peamiselt viiele alateemale. Nendeks on: liikumine ja jõud; kehade vastasikmõju; rõhumisjõud looduses ja tehnikas; mehaaniline töö ja energia, võnkumine ja laine.
3. Elektriõpetuses räägitakse õpilastele elektrilisest vastastikmõjust, elektrivoolust, vooluringidest, elektrivoolu tööst ja võimsusest ning magnetnähtustest.
4. Neljandaks teemaks on soojusõpetus, mille juures räägitakse ka tuumaenergiast. Keskendutakse soojusliikumisele, aine ehituse mudelile, soojusülekandele ja aineolekute muutustele. Õppekava järgi peaks välja tooma ka soojustehnilised rakendused. (Riiklik õppekava, lisa 4, 2011)

Käesolevas bakalaureusetöös keskenduti kolmele teemale - soojuspaisumine, tahkumine (külmutamine) ja ülijuhtivus.

1.2.1 Soojuspaisumise olemus

Soojuspaisumine on keha mõõtmete (pindala, ruumala, kuju) suurenemine temperatuuri muutumisel (Serway ja Jewett, 2004).

Kui tahke keha soojeneb, siis kineetiline energia aatomite ja molekulide võnkumisel samuti suureneb. Suurenev võnkumine tähendab, et iga osake võtab enda alla natukene

rohkem ruumi ja tekib soojuse tõttu paisumine. Peaaegu kõik tahked kehad paisuvad soojenedes, näiteks plastikud paisuvad palju ja klaasid vähe. Kui palju mingi konkreetne keha muudab oma mõõtmeid temperatuuri muutumisel, sõltub mitmesugustest asjaoludest: keha ainest, selle lähtemõõtmetest, temperatuuri muutust (ja üldjuhul ka sellest, millise temperatuuri ümbruses muutused toimuvad). Soojuspaisumise koefitsent (joonpaisumistegur) näitab kui palju materjal paisub iga ühe kraadise temperatuuri tõttu. Näiteks kui aine soojuspaisumiskoeffitsent on 10^{-4} , siis iga ühe kraadine temperatuuritõus tähendab, et objekt suureneb 0,0001 korda oma algsest pikkusest. Alltoodud tabelis on näidatud tavaliste materjalide soojuspaisumise koefitsendid. (Hsu, 2005)

Tabel 1. Soojuspaisumise koefitsendid mõningatele materjalidele

| Materjal | Soojuspaisumise koefitsent ($\times 10^{-5}$ iga $^{\circ}\text{C}$ kohta) |
|-----------|---|
| Teras | 1.2 |
| Messing | 1.8 |
| Aluminium | 2.4 |
| Klaas | 2.0 |
| Vask | 1.7 |
| Betoon | 1 |
| Kumm | 16 |
| Puit | 3 |

Ruumpaisumistegur näitab, kui suure osa algruumalast moodustab ruumala suurenemine keha soojenemisel 1°C või K võrra:

$$\gamma = \frac{\frac{\Delta V}{V_0}}{\Delta T} = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T},$$

kus γ ($1/^{\circ}\text{C}$) - ruumpaisumistegur;

ΔV (m^3) -ruumala muut;

ΔT ($^{\circ}\text{C}$) -temperatuuri muut;

V_0 (m^3) - algne ruumala.

Soojuspaisumist võib uurida ka keha ühe mõõtme muutumise kaudu. Joonpaisumistegur näitab, kui suure osa algpikkusest moodustab absoluutne pikenemine keha soojendamisel 1°C võrra.

$$\beta = \frac{\frac{\Delta l}{l_0}}{\Delta T} = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T},$$

kus β (1/°C) - joonpaisumistegur;

Δl (m) - pikkuse muut;

ΔT (°C) -temperatuuri muut;

l_0 (m) - algpikkus

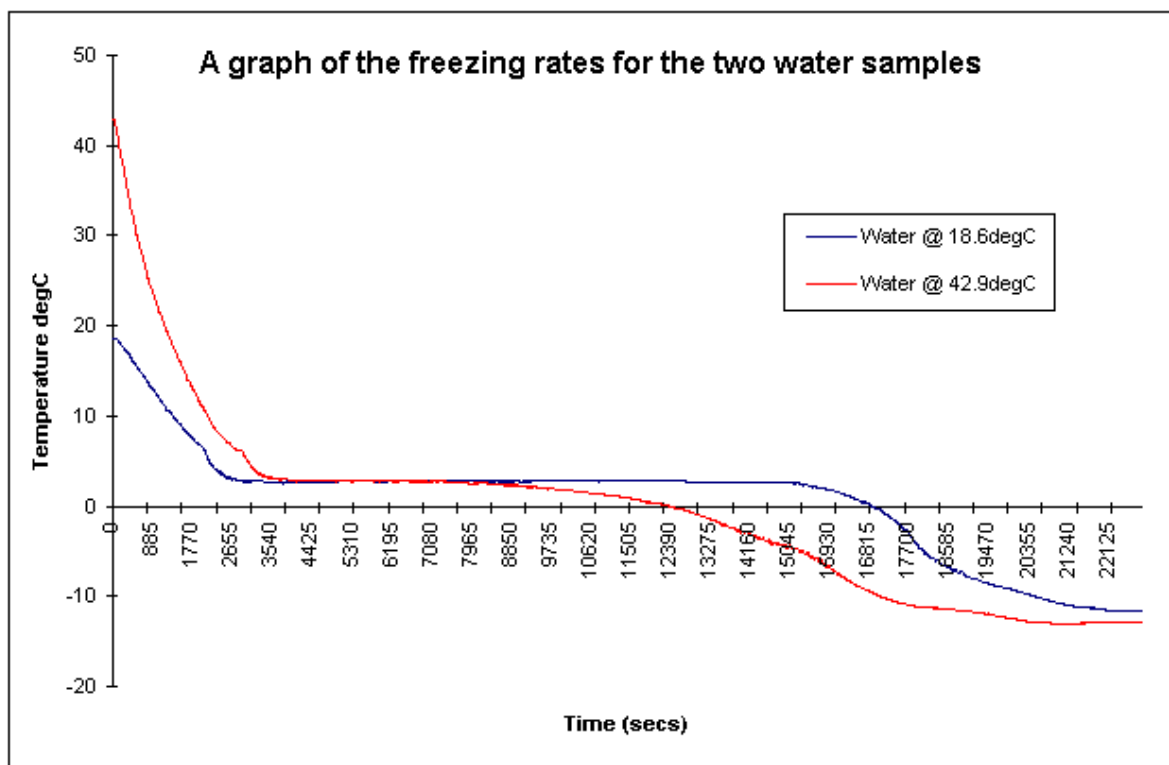
Iga materjali võib iseloomustada soojuspaisumistegurite γ ja β kindlate väärtustega. Mõnede kristalliliste ainete puhul sõltub joonpaisumisteguri väärtus kristallvõre suunast. (Emmo jt, 1986)

1.2.2 Tahkumise olemus

Tahkumine on protsess, kus vedel aine muutub tahkeks. Selle protsessi käigus muutub aine faas. Faasiks nimetatakse aine ühesuguste füüsikaliste omadustega makroskoopilist osa. Erinevad faasid on alati eraldatud piirpindadega. Näiteks võtame vee ja jää, vesi on ühes faasis ja jää teises. Faas on konkreetsem mõiste kui agregaatolek. Agregaatolek on kvalitatiivne mõiste, teatud olekute ühisnimetaja, faas on aga ühtlasi kvantitatiivne mõiste- nii nimetatakse kindlat ainekogust, mis asub kindlas olekus. (Mol-füs ja Termo-dün, 1991)

Aine üleminekut ühest faasist teise nimetatakse faasisiirdeks. Võimalikud faasisiirded on: aurustumine - veeldumine (kondenseerumine) ; sublimatsioon - tahkestumine; sulamine - tahkestumine (kristalliseerumine); kristalli modifikatsioonide vahelised siirded. Faasisiirdeni viib aine olekuparameetrite muutmine. Kõige lihtsam on seda teha muutes aine temperatuuri. (Mol-füs ja Termo-dün, 1991)

Kui vaadelda joonist 1. Tehti uuring, kus võeti 200 ml 18,6 °C ja 200 ml 40 °C vett. Mõlemad pandi külma ja saadi allolev graafik (*Pico Technology* katse). Pannes anuma veega külma, hakkab see jahtuma. Jahtumine on kiirem alguses ja nullile lähenedes aeglustub. Null kraadi (°C) juures temperatuuri langemine peatub ja vesi hakkab jäätuma. Algab kristalliseerumine ja vesi läheb vedelast faasist tahkesse faasi. Temperatuur jääb muutumatuks kuni kogu vesi on jäätunud, alles siis algab uuesti temperatuuri langemine (Mol-füs ja Termo-dün, 1991).



Joonis 1. Vee jahtumise ja külmumise graafik (*Pico Technology* katse)

1.2.3 Ülijuhtivuse olemus

Ülijuhtivuse avastas 1911. aastal Hollandi füüsik Kamerlingh Onnes, kes elavhõbeda jahutamisel ülimaladale temperatuuridel leidis, et umbes 4 K ehk -269 °C juures muutus Hg elektritakistus äkki nulliks. Kõrgtemperatuursed keraamilised ülijuhgid avastati 1987. aastal. Esimesel sellisel ühendil, mis kandis nimetust YBCO (ütriumbaariumvaskoksiid), oli kriitiline temperatuur umbes 90 K. 2015.aastal leiti, et vesiniksulfiid muutub ülijuhiks uskumatu 203K juures (Cartlidge, 2015).

Ülijuht on selline materjal, mille eritakistus on nullilähedane. Eritakistuse võrdumine nulliga tähendab, et ülijuhtiv aine ei takista vabade laengukandjate suunatud liikumist. Laeng liigub läbi ülijuhi, ilma et toimuks laetud osakeste kineetilise energia muundumist soojusenergiaks. (Drozdov jt, 2015)

Temperatuuri, mille juures ainel ülijuhtivus tekib, nimetatakse kriitiliseks temperatuuriks T_k , mille väärtus oleneb laengu kandjate tihedusest n (Marel, 2013). Kriitilise temperatuuri suuruse põhjal jaotatakse ülijuhikud madaltemperatuurseteks ning kõrgtemperatuurseteks. Madala temperatuuri ülijutivust kirjeldab hästi BCS teooria. Selle teooria kohaselt liiguvad elektronid ülijuhis Cooperi paaridena, mistõttu nad ei põrku vastu kristallvõre ioone. See toobki kaasa elektritakistuse puudumise (Tinkham, 1996). Kõrgtemperatuursete ülijuhtide mikroskoopilistest mehhanismidest me praegu veel väga hästi aru ei saa (Kivastik, 2017). Cornelli ja Tokyo ülikooli teadlased avastasid materjalides nanolaigud, mis levides muudavad materjali ülijuhiks. See avastus võib olla suur samm kõrgtemperatuursete ülijuhtide arusaamisel ja arengus (Püttsepp, 2012). 2004. aasta seisuga uuriti peamiselt ülijuhte, milles on palju fermione või sisaldavad strontsiumi- ja ruteeniumioksiide ning mõningaid orgaanilisi ülijuhte ja kõrge T_k -ga kupraate (Grosche, 2004).

Magnetiline hõljumine on nähtus, kus elektromagnetväljade abil pannakse magnetid üksteise kohal hõljuma. Selleks kasutatakse diamagnetismi, mis on materjali omadus tekitada välises magnetväljas sellele vastu töötavat magnetvälja. Tekib tõukumine, mis on küllaltki nõrk jõud võrreldes magnetite tõmbejõuga, aga ülijuhtides on see piisavalt tugev ja saame hõljumise. Tekib niinimetatud Maglevi süsteem, mis tähendab, et üks magnet hõljub teise kohal. Maglevi süsteem jaguneb kaheks - tõmbuvad süsteemid ja tõukuvad süsteemid. Paljud riigid kulutavad miljardeid dollareid, et neid süsteeme arendada ja kasutada (Sadiku, Akujuobi, 2006).

Tehnika jaoks on ülijuhtivuse nähtus väga suure tähtsusega, kuna juhtide asendamine ülijuhtidega tähendaks energiakadude tohutut vähenemist. Ülijuht, mis töötaks toatemperatuuril, muudaks elektritootmise ja juhtimise palju efektiivsemaks, lisaks annaks see ülisuure tõuke tehnoloogia arengusse. (Cartlidge, 2015)

2. UURIMUSE EESMÄRK JA METOODIKA

2.1. Uurimuse eesmärk

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli koostada õppematerjalid videote ja töölehtede näol, et suurendada õpilaste huvi füüsika vastu ning lihtsustada füüsika õpetajate tööd. Autor soovis rõhutada kindlate teemade tähtsust ning keskendus õppematerjalide koostamisel järgmistele teemadele:

- Soojuspaisumine,
- Tahkumine,
- Ülijuhtivus.

Esimesed kaks teemat sisalduvad riiklikus õppekavas, viimast aga õppekavasse seni viidud ei ole. Sellest tulenevalt pidas autor vajalikuks saada füüsika õpetajatelt arvamust, kas ülijuhtivuse teema vajab põhikooli või gümnaasiumi füüsika õppekavasse sisseviimist. Soojuspaisumine ja tahkumine olid autori jaoks juba huvitavad kooliajast ja ülijuhtivuse teema oli tema jaoks täiesti uus ülikoolis õppides. Sellepärast valiti õppekavast just need kaks teemat, autor soovis teha õppematerjalid just nendel teemadel, et neid ka teistele huvitavamaks muuta. Ülijuhtivus tundus autorile väga huvitav ja natukene rohkem selle kohta uurides selgus, et see on praegu väga populaarne uurimisvaldkond. Sellest lähtuvalt arvas autor, et ülijuhtivus oleks väga hea ja huvitav teema, mida õpilastele demonstreerida ja mis võiks õppekavas ka olla. Sellele mõttele sai autor kinnituse oma ekspertidelt, kes ütlesid, et ülijuhtivust juba käsitletakse koolis.

2.2. Uurimistöö etapid

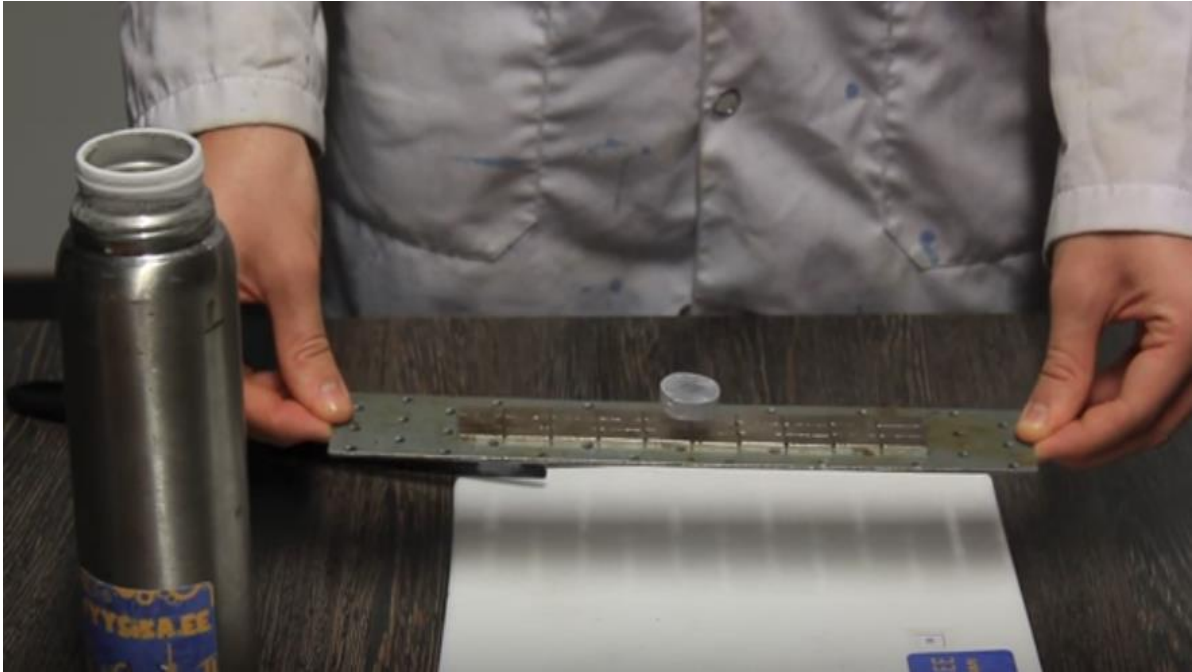
Uuring jagunes mitmeks etapiks. Kõigepealt valiti uurimisteema ning koostati uuringu plaan. Seejärel püstitati probleem ning sõnastati eesmärk. Autor valis need teemad, mis olid tema enda jaoks huvitavamad, milliste teemadega oli bakalaureuse õpingute jooksul kohati raskusi ja millised teemad ei saanud piisavalt hästi koolis käsitletud ja jõudis otsuseni, milliste teemade kohta käesolev bakalaureuse töö tuleb, siis alustas videote filmimisega ja seejärel töölehtede koostamisega.

Töölehed koostas autor ise, tuginedes oma kogemusele koolis- millised olid töölehed siis, kuidas üles ehitatud ja missuguse raskusastmega. Autor püüdis keskmine raskusastme poole, ta tahtis küsimustes variatsiooni, et kõik töölehed ja nendes olevad küsimused poleks ühesugused. Töölehed valideeriti juhendaja poolt. Pärast praktilise osa valmimist saadeti videod ja töölehed koolidesse, kasutati füüsika õpetajate listi. Saadud tagasiside alusel analüüsiti ja interpreteeriti tulemusi ning korrigeeriti töölehtede sisu (vt Lisa1, Lisa 2, Lisa 3). Viimasena tegeldi töö vormistamisega.

Autorit ajendas praktilist ülesannet läbi viima:

1. soov saada teada, kuivõrd aitavad katsed füüsika teemadest aru saada,
2. vajadus näidata füüsikat teisest küljest, kui igapäevaeluga seotud nähtust,
3. selgitada välja, kuivõrd on õpetajate hinnangul ülijuhtivuse teema õppekavas vajalik,
4. koostada ise õppematerjalid- videod ja töölehed.

Ülijuhi demokats- ülijuht pandi vedelasse lämmastikku, kus seda hoiti piisavalt kaua, et temperatuur langeks piisavalt madalale. Ülijuht võeti lämmastikust välja ja asetati magnetriba kohale hõljuma (pilt 1). Magnetriba liigutati edasi-tagasi ja näidati, et ülijuht liigub magnetriba kohal. Mõne sekundi pärast tõusis temperatuur liiga kõrgeks, ülijuht kaotas oma ülijuhtivad omadused ja vajus magneti peale (video: vt LISA 4).

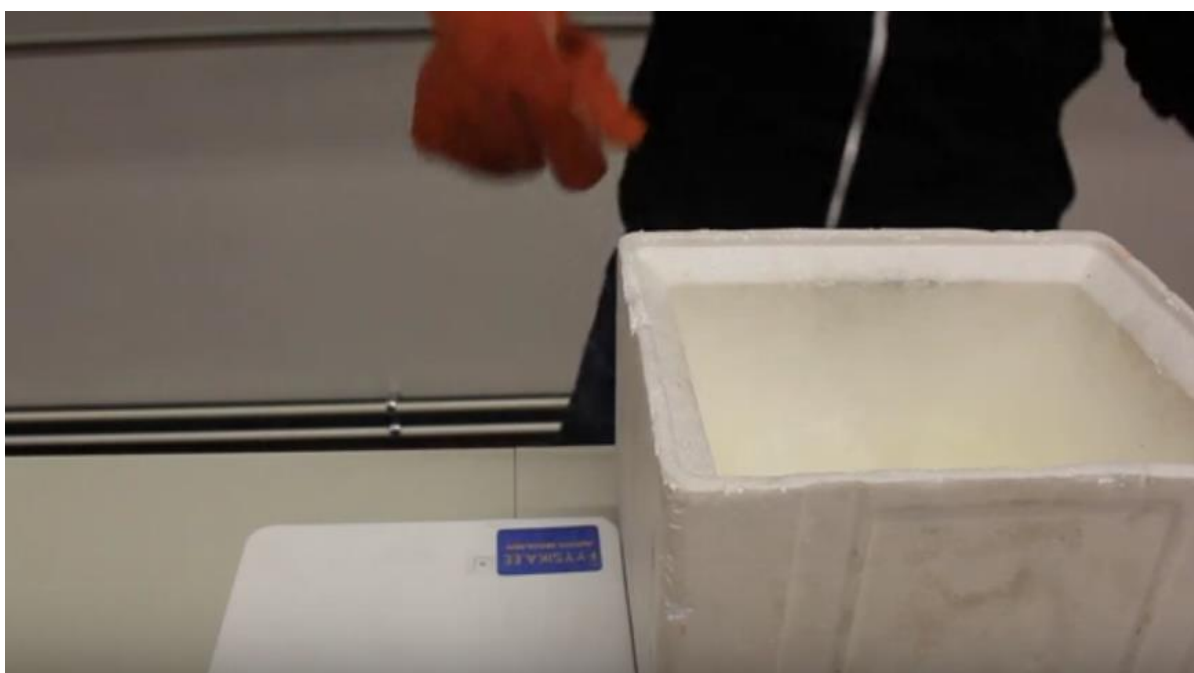


Pilt 1. "Ülijuhi demokats" (õppevideo ekraanitõmmis)

Õhu paisumine - õhu paisumise juures tehti kaks videot. Videos "Õhu paisumine 1" pannakse õhupallid kasti, kus sees on vedel lämmastik (pilt 2). Kui õhk õhupallides on kokku tõmbunud, siis võetakse pallid kastist välja, peale mida hakkab õhk neis paisuma ja õhupallid taastavad oma kuju. Videos "Õhu paisumine 2" (pilt 3) on neli õhupalli juba kastis ja need on kokku tõmbunud. Võetakse õhupallid kastist välja ja lastakse neil paisuda (pilt 4). Seejärel pannakse õhupallid kasti tagasi ja videolt on näha, et kõik korraga kasti ei mahu. Loodeti näidata, et enne olid kõik neli palli kastis ja õhk tõmbab piisavalt kokku, et kõik pallid ka pärast sisse mahuvad (pilt 5) (videod: vt LISA 5).



Pilt 2. "Õhu paisumine 1". Õhupallid pandi just kasti, et õhk kokku tõmbaks. (õppevideo ekraanitõmmis)



Pilt 3. "Õhu paisumine 2". Kõik neli palli on kokkutõmbunud ja kastis. (õppevideo ekraanitõmmis)



Pilt 4. "Õhu paisumine 2". Kõik neli palli on just kastist välja võetud ja on näha, kuidas paar sekundit varem välja võetud pall on palju rohkem paisunud kui teised. (õppevideo ekraanitõmmis)



Pilt 5. "Õhu paisumine 2". Näidatakse, et kõik neli palli lähevad kasti tagasi ja alguses kergelt sisse ei mahu. (õppevideo ekraanitõmmis)

Külmutamine - külmutamise teema juures tehti samuti kaks videot. Esimene oli "Õuna külmutamine", kus lõigati õunast tükk ja pandi see vedelasse lämastikku. Pärast külmumist võeti see välja ja löödi haamriga katki, et näidata, kuidas külmunud õun löögi tõttu kildudeks läheb. Teiseks videoks oli "Porgandi külmutamine", kus alguses löödi porgandit haamriga, et

näidata, et midagi ei juhtu (pilt 6). Seejärel pandi porgand vedelasse lämmastikku ja oodati, kuni see külmub. Pärast külmumist võeti porgand vedelast lämmastikust välja (pilt 7) ja löödi selle pihta haamriga. Porgand läks kildudeks (pilt 8) (videod: vt LISA 6).



Pilt 6. "Porgandi külmutamine". Porgandit lüüakse enne külmutamist ja see ei purune. (õppevideo ekraanitõmmis)



Pilt 7. "Porgandi külmutamine". Külmunud porgand on lämmastikust välja võetud ja alustatakse löömist. (õppevideo ekraanitõmmis)



Pilt 8. "Porgandi külmutamine". Külmunud porgand on just lõõdud haamriga ja see puruneb väga kergelt. (õppevideo ekraanitõmmis)

2.3. Valim

Käesoleva bakalaureusetöö valimi moodustasid füüsika õpetajad. Valimi moodustamiseks kasutati füüsikaõpetajate listi, kuhu saadeti palve anda eksperthinnang videotele ja töölehtedele.

2.4. Mõõtevahend

Uurimuse eesmärgi saavutamiseks kasutas autor enda poolt filmitud videosid ja nende alusel koostatud töölehti (vt Lisa 1, Lisa 2, Lisa 3, Lisa 4, Lisa 5, Lisa 6), mis saadeti elektroonilisel kujul Eesti põhikoolide/gümnaasiumide füüsikaõpetajatele. Videote filmimisel ja töölehtede koostamisel pandi rõhku seosele igapäevaeluga.

2.5. Valiidsus ja reliaablus

Antud töö valiidsuse ja reliaablus tagamiseks:

1. Saadi uurimuseks kasutatud töölehtede ja videote kohta hinnangu juhendaja ja kaasõpilase käest.

2. Käesolevas uurimistöös on kirjeldatud metoodikat, lisana on kaasas nii uuringus kasutatud praktilise osa tööleht kui ka videod, mistõttu on uuringut võimalik korrata.
3. Vastamisel oli tagatud anonüümsus.
4. Töö usaldusväärse tõstmiseks kasutas autor videote koostamisel kursusekaaslase abi, kes pakkus omapoolseid soovitusi.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1. Õpetajate tagasiside videote kohta

Videote kohta andis tagasiside kolm eksperti, kelle vastused sisestati tabelisse ja lisati ekspertide koodid: E1, E2 ja E3. Tagasiside videote kohta oli nii positiivne kui ka kriitiline. Ekspertid arvasid, et videote idee ise on väga hea. Nende sõnul pole väga palju videosid, mida kasutada saab. Üks ekspert kirjutas tagasisidesse nii: "*Olen ise suur juutuubiga õpetamise pooldaja. Sellepärast on mul alati hea meel, kui mingit füüsikapoolset materjali juurde ilmub.*" (E3)

Sooviti teada, kas videotes nähtud katseid oleks võimalik õpetajatel ka endal demonstreerida eeldusel, et katsevahendid on tagatud. Vastused olid küllaltki sarnased. Arvati, et saaks ja tahaks näidata sarnaseid katseid küll, aga vedelat lämmastikku tavaliselt neil tundides võimalik kasutada pole. Samas mainis üks ekspert, et paljud on selliseid katseid teadusteatri või teadusbussis näinud, seega ekraanilt näitamine võib olla päris hea mõte (tabel 2).

Videote kvaliteedi kohta saadi tagasisidet kolmelt inimeselt. Kaks inimest ütlesid, et videote kvaliteet on *normaalne*, aga üks külmutamise video on *natukene igav*. Kolmas kritiseeris videosid kvaliteedi koha pealt. Tema sõnul oleks võinud olla rohkem suumimist, suunamist, aeglustamist ja parem operaatoritöö. Lisaks mainis ta, et õuna külmutamise video on liiga pikk ja igav, kus enamus aega on lihtsalt ootamine (tabel 2).

Arvestades saadud tagasisidet ja kriitikat oskab autor tulevikus videot paremini kavandada tuginedes saadud teadmistele ja oskustele.

Tabel 2. Ekspertide tagasiside videotele.

| Ekspert | Üldine tagasiside videotele | Soovitused | Kvaliteet | Kas kasutaks videosid oma tundides? Kas teeks oma tunnis võimalusel samu katseid? |
|---------|--|---|--|--|
| E1 | "Videod on kindlasti tänuväärased asjad - liiga palju neid kusagilt võtta pole!" | Soovitas õuna ja porgandi videod üheks kokku panna, arvab, et kaks korda sarnast videot näidata pole mõtet. | Normaalne. | Jah, järgmine aasta, selleks aastaks teemad läbi võetud. |
| E2 | Idee on hea, aga videotel võiks olla sõnaline selgitus. | Arvab, et ülijuhtivuse video vajaks selgitamist, ilmselt õpetaja seda teeb. | Normaalne. | Ei kommenteerinud selle kohta pealt. |
| E3 | "Videote idee on hea. Mul tavaliselt vedelat lämmastikku tunnis ei ole, aga paljud on seda näinud teadusteatri või teadusbussis, nii et ekraanilt näitamine võib olla päris hea mõte." | Õuna video oleks vaja lühemaks teha, kas kiirenduse või kerimisega. | Operaatoritöö jätab soovida ja montaaž puudub. Pole tehtud suumimist, aeglustamist, suunamist. | Kui oleks lämmastik võtta ilma suurema vaevata, siis võiks põhikooli soojuse osas teha küll. |

3.2. Õpetajate tagasiside töölehtede kohta

Tagasiside töölehtede kohta saadi kolmelt eksperdilt. Ekspertide hinnangud töölehtedele olid pigem positiivsed. Iga töölehe juures oli välja toodud ettepanekuid, mida muuta või täpsustada. Allpool tuuakse välja üldised ettepanekud, mida soovitati töölehtedega teha.

Üks ekspert soovitas veel läbi mõelda, milleks need töölehed on. Ta tõi välja, et "töölehtedel on liiga erinevad küsimused ja hetkel võivad töölehed õpilase ära ehmatada."(E3) Soovitusi töölehtede kohta toob autor ettepanekute peatükis. Lisaks soovitati kõikidele arvutusülesannetele juurde anda põhivalemid (tabel 3).

Ülijuhtivuse töölehel soovitas kaks eksperti muuta teine küsimus valikvastustega küsimuseks. Lisaks soovitati muuta või korrigeerida mõne küsimuse juures sõnastust.

Soojuspaisumise töölehtede kohta tehti paar väiksemat märkust, mida autor arvestas ja tegi vastavad parandused töölehtedes. Soovitati anda lisavihje kolmanda küsimuse juures ja muuta natukene tehtud joonist. Üks ekspert arvas, et *"kuumaõhupalli ülesanne on õpilase jaoks liiga raske ja vajaks lisavihjet"* (tabel 3).

Külmutamise töölehega olid kõik eksperdid rahul. Üks ettepanek või mõte oli, et kõikidest küsimustest võiks kokku põimida mingi loo ja võimalik, et see muudaks asja huvitavamaks. Samuti toodi välja üks keeleline eksimus, mille autor ka parandas (tabel 3).

Tabel 3. Ekspertide tagasiside töölehtedele ja autori reaktsioon

| Ekspert | Soovitused ja ettepanekud | Autori kommentaar |
|----------------|--|--|
| E1 | Soovitas ülijuhtivuse töölehel anda teine küsimus valikvastustena ja neljandale küsimusele lisavihje. Külmutamise töölehel soovitas küsimused kokku üheks looks põimida ja nii asja huvitavamaks teha. | Autor muutis teise küsimuse valikvastustega küsimuseks. Autor on arvamusel, et lisavihje annab õpetaja ise, kui ta seda vajalikuks peab. |
| E2 | Soojuspaisumise töölehel oleval joonisel soovitati pluss- ja miinusmärgid ära muuta, kuna võivad tekitada segadust, et äkki on joonisel laetud kehad. Soovitab anda vihjet kuumaõhupalli ülesandele. | Autor muutis pluss- ja miinusmärgid vastavalt $t > 0^{\circ}\text{C}$ ja $t < 0^{\circ}\text{C}$. Lisavihjet autor ei anna ja arvab, et kui õpetaja peab seda vajalikuks, siis annab ise. |
| E3 | Soovitab veel kord töölehed läbi mõelda. Praegu on töölehtedel liiga palj erinevaid küsimusi ja see võib õpilased ära ehmatada, mis ei ole alati halb, aga kõike segi keerata pole hea mõte. E3 tõi välja paar keelelist eksimust. | Autor on nii nõus kui ka vastu väitele, et kõike segi keerata pole hea. Autor arvab, et selline ehmatamine võib positiivselt meelestada ja just vastava teema kohta huvi tekitada. Keelelised parandused tegi autor töölehtedel ära. |

3.2. Õpetajate hinnangulised võimalused ülijuhtivuse teema õpetamiseks

Uuringu üheks eesmärgiks oli teada saada, mida arvavad õpetajad ülijuhtivuse teema õpetamisest ja selle vajalikkusest ning kas see tuleks lisada õppekavasse. Sellest tulenevalt küsiti teema kohta tagasisidet kolmelt eksperdilt. Autori üllatuseks ei saadud konkreetsest vastust küsimusele, kas ülijuhtivuse teema oleks vaja lisada õppekavasse. Kõik kolm eksperti ütlesid, et nemad räägivad ülijuhtivusest praegugi, kuigi see teema pole õppekavas. Üks ekspert ütles: *"Ülijuhtivuse nähtust olen põhikoolis lühidalt kirjeldanud seoses juhi*

takistusega, pikemalt aga gümnaasiumis."(E2) Ülejäänud kaks eksperti mainisid, et nemad räägivad ülijuhtivusest gümnaasiumi energia kursuses. Järelikult, kuna antud teemat juba õpetatakse, kuigi see õppekavas pole, leiab autor, et ülijuhtivus võiks vähemalt gümnaasiumi õppekavas olla.

3.3. Uurimistulemuste analüüs ja ettepanekud füüsika aine tõhustamiseks

Viimases peatükis analüüsib autor uurimistulemusi ja esitab ettepanekuid füüsika aine tõhustamiseks ja parendamiseks. Antud ettepanekud esitatakse põhikoolide/gümnaasiumide füüsikaõpetajate arvamustest.

Üks ekspert soovitas veel läbi mõelda, milleks need töölehed on. Ta tõi välja, et töölehtedel on liiga erinevad küsimused ja hetkel võivad töölehed õpilase ära ehmatada. Autor leiab oma kogemuse põhjal, et mõnikord on selline äratus õpilasele kasulik ja tekitab just huvi antud teema vastu. Soovituseks pakub ta lasta need töölehed täita kodus materjalide abiga, et õpilane uuriks ise samuti antud teema kohta. Teine variant on, et õpetaja laseb õpilastel töölehti täita teadmiste kontrolliks pärast vastava teema läbimist. Siinkohal peab kindlasti mõtlema, et õpetaja ise vastused enne tundides ka läbi räägiks, muidu õpilased ei oska vastata ja võivad tunda vähem motivatsiooni antud teema edasiseks uurimiseks või füüsika õppimiseks.

Autor sai tagasisidet, et videote idee on väga hea ja õpetajad sooviksid ise samuti sarnaseid katseid oma tundides näidata, kui vahendid on olemas. Tuginedes varem tehtud uuringutele ja ekspertide tagasisidele, leiab autor, et katsed ja videod on kasulikud abivahendid füüsika tundide tõhustamiseks.

Tuginedes õpetajate vastustele leiab autor, et ülijuhtivuse teema võiks olla õppekavas aktsepteeritav teema füüsika aines. Autor on seisukohal, et ülijuhtivus muutub järjest populaarsemaks ja selle peale kulutavad riigid päris palju ressursi ning algteadmised antud teemal, juba põhikoolis või gümnaasiumis, võivad tulevikku vaadates väga kasulikud teadmised olla.

3.4. Töö piirangud ja praktiline väärtus

Käesoleva bakalaureusetöö kohta tuleb välja tuua mitmed piirangud, mis töö käigus tekkisid.

Üheks olulisemaks piiranguks, mis töö valmimisel esines, oli katsevahendite hankimine. Kuna autoril endal vajalikud vahendid puudusid, pidi ta pöörduma oma tuttavate poole. Esimene pöördumine vedela lämmastiku saamiseks ei õnnestunud. Teisel korral sai autor nõusoleku vedela lämmastiku kasutamiseks. Lisaks puudus autoril endal kaamera, millega demokatseid filmida. Kuna kaamera ei olnud autori enda oma, siis algus läks väga vaevaliselt. Esimene filmimine jäi pooleli, kuna kaamera aku sai tühjaks ja mälu täis. Autor tegi vastavad korrektuurid ja teise korraga said videod valmis. Töö valmimiseks kasutati autori sõpra, kes filmis videoid, kui autor katseid demonstreeris.

Teine piirang oli autori kogematus õpetajarolli, videote filmimise ja suuremahulise töö planeerimisega. Autor polnud õpetajarolliga ja õppematerjalide koostamisega varem kokku puutunud ja oli arvamusel, et see on kergem. Tegelikuses oli vastavate katsete ja töölehtede välja mõtlemine palju suurem töö. Autoril puudus videote filmimiskogemus ja sellega seoses tuli filmida mitu korda, et videod tuleksid nii nagu sooviti.

Suurimad praktilised väärtused, mis käesolevast tööst välja tulevad on autori koostatud videod ja töölehed. Autor loodab, et tema koostatud materjale on võimalik kasutada ka teistel õpetajatel.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö raames viidi läbi uurimus, mille eesmärgiks oli koostada õppematerjalid videote ja töölehtede näol, et suurendada õpilaste huvi füüsika vastu ning lihtsustada füüsika õpetajate tööd. Autorit ajendas praktilist ülesannet läbi viima:

1. soov saada teada, kuivõrd aitavad katsed füüsika teemadest aru saada,
2. vajadus näidata füüsikat teisest küljest, kui igapäevaeluga seotud nähtust,
3. selgitada välja, kuivõrd on õpetajate hinnangul ülijuhtivuse teema õppekavas vajalik,
4. koostada ise õppematerjalid- videod ja töölehed.

Eesmärkide täitmiseks filmiti videod ja koostati nende põhjal töölehed. Nendele saadi tagasiside kolmelt eksperdilt. Uuringu käigus saadi tagasisidet, et videote idee on väga hea ja õpetajad sooviksid ise samuti sarnaseid katseid oma tundides näidata, kui vahendid oleks olemas. Tuginedes varem tehtud uuringutele ja ekspertide tagasisidele, leiab autor, et katsed ja videod on kasulikud abivahendid füüsika tundide tõhustamiseks.

Autor leiab, et pähe õppimisel pähe õppimise enda pärast pole mingit mõtet. Autori enda kogemus näitab, et tõhusam on pähe kulumine, mis saab teoks järjepideva töö tulemusel ning katsed aitavad teooriat ja reaalsust omavahel seostada. Inglismaal läbi viidud uuring näitas, et lühiajaline praktilise tööga tegelemine ei suurenda õpilaste huvi loodusteaduste vastu (Kask, 2009). Sellest järeldub, et huvi loodusteaduste vastu oleks suurem, peaks katseid ja praktilisi töid tegema tihedamini, ei piisa ainult paarist väikesest katsest.

Tuginedes õpetajate eksperthinnangule leiab autor, et ülijuhtivuse teema võiks olla õppekavas aktsepteeritav teema füüsika aines. Autor on seisukohal, et ülijuhtivus muutub järjest populaarsemaks ja selle peale kulutavad riigid päris palju ressursi ning algteadmised antud teemal, juba põhikoolis või gümnaasiumis, võivad tulevikku vaadates väga kasulikud teadmised olla.

Märksõnad: õppematerjalid, koolifüüsika, katsed, videod ja töölehed, soojuspaisumine, ülijuhtivus, tahkumine (külmutamine)

SUMMARY

This thesis was conducted as a study that had a purpose to make new study materials as videos and worksheets to increase students' interests to physics and to make teachers' work easier. The author was motivated to do this practical task because of the following:

1. a wish to know if and how much do experiments help students to understand about topics,
2. a need to show physics from another prospective - as a phenomenon related to every day life,
3. to find out, if and how much is superconductivity as a topic needed in the curriculum,
4. to make study materials himself - videos and worksheets.

To execute the goals, videos were filmed and worksheets made. To these studymaterials a feedback was given by three experts. During the study, the feedback suggested that the idea of videos is really good and the teachers would like to show similar experiments in their classroom, if they had the necessary equipment. Based on studys that have been made and on the feedback of the experts, the author finds that experiments and videos are useful tools to make physics lessons more effective.

The author thinks that learning something by heart has no need for itself. He has experience that shows, that it is more efficient to learn something repeatedly through hard work and experiments help connect the theory and real life together. A study was conducted in England which showed us that a short term practical work does not increase students' interests in natural sciences (Kask, 2009). It follows from this, that to increase interest in natural sciences, experiments and practical works should be made more often and only one or two small experiments is not enough.

Based on teachers reviews, the author is on an opinion that superconductivity should be an acceptable subject matter in the physics curriculum. The author thinks that superconductivity is becoming more popular and many countries spend a lot of resource to study it and basic knowledge on the subject in primary school or high school would be very useful looking into the future.

Keywords: study materials, school physics, experiments, videos and worksheets, thermal expansion, superconductivity, solidification (freezing)

TÄNUSÕNAD

Täna kõiki, kes panustasid selle töö valmimisse. Suured tänud minu perekonnale ja sõpradele, kes mind motiveerisid ja tagant sundisid. Täna oma juhendajat meeldiva koostöö eest. Suur aitäh minu kaameramehele, kes aitas mind filmimise ja vajalike töövahenditega.

KASUTATUD ALLIKAD

Anier, A., (2010) Füüsikakatsete osa koolifüüsikas. Publitseerimata magistritöö. Tartu Ülikool

Cartlidge, E., (2015) *Superconductivity record bolstered by magnetic data*. Külastatud aadressil: <https://www.nature.com/news/superconductivity-record-bolstered-by-magnetic-data-1.17870>

Cartlidge, E., (2015) *Superconductivity record sparks wave of follow-up physics*. Külastatud aadressil: <https://www.nature.com/news/superconductivity-record-sparks-wave-of-follow-up-physics-1.18191>

CV keskuse artikkel., (2009) Füüsik. Külastatud aadressil: https://www.cvkeskus.ee/career_center.php?op=view&article_id=2401

Drozdov, A.P., Eremets, M.I., Troyan, I.A., Ksenofontov, V. & Shylin, S.I., (2015) *Conventional superconductivity at 203 kelvin at high pressures in the sulfur hydride system*. Külastatud aadressil: <https://www.nature.com/articles/nature14964>

Emmo, A., Paju, E., Paju, V., (1986) Füüsika praktikumi tööjuhendid.

Ganina, S., (2016) Mis teeb füüsikatunni huvitavaks ehk Füüsikaõpetajad uurivad õpetamist. Külastatud aadressil: <http://opleht.ee/2016/04/mis-teeb-fuusikatunni-huvitavaks-ehk-fuusikaopetajad-uurivad-opetamist/>

Gok, T., (2011) *Perceptions of the Students toward Studio Physics*. Külastatud aadressil: <https://search-proquest-com.libproxy.ncl.ac.uk/docview/1553400130?OpenUrlRefId=info:xri/sid:primo&accountid=12753>

Groesche, F.M., (2004) *Superconductivity*. Külastatud aadressil: https://search-proquest-com.libproxy.ncl.ac.uk/docview/1439756069?rfr_id=info%3Axri%2Fsid%3Aprimo

Gümnaasiumi riiklik õppekava. (2011). – RT I, 14.01.2011,2, lisa 4. Aadressil, <https://www.riigiteataja.ee/akt/13272925>

Hsu, T.C., 2005, *Physics A First Course*. Külastatud aadressil: https://mi01000971.schoolwires.net/cms/lib/MI01000971/Centricity/Domain/15/PFC_Student_Ebook_2008.pdf

Kask, K., (2009) *A study of science teacher development towards open inquiry teaching through an intervention programme*. Külastatud aadressil: <https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/10506/kaskklaara.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kask, K., (2010) Praktilistest töödest ja nende hindamisest loodusainetes. Külastatud aadressil:

http://vana.oppekava.ee/images/b/bf/Praktilistest_t%C3%B6%C3%B6dest_ja_nende_hindamisest_loodusainetes.pdf

Kivastik, J., (2017) Ülijuhtivuse fluktuatsioonide ajaline korrelatsioon kahetsoonilises süsteemis. Külastatud aadressil: https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/56790/kivastik_joosep.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kollo, K., (2015) Põhikooli õpilaste suhtumine füüsika õppimisse ja õpetamisse. Külastatud aadressil: http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/46687/kristi_kollo_ba.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lincoln, J., (2017) *Making good physics videos*. Külastatud aadressil: <https://aapt-scitation-org.libproxy.ncl.ac.uk/doi/abs/10.1119/1.4981042>

Marel, van der D., (2013) *Interface superconductivity: Pinning the critical temperature*. Külastatud aadressil: <http://www.nature.com.libproxy.ncl.ac.uk/articles/nmat3761>

Murphy, C., Varley, J., Veale, Ó., (2011) *I'd rather they did Experiments with us.... Than just Talking: Irish Children's Views of Primary School Science*. Külastatud aadressil: <https://link-springer-com.libproxy.ncl.ac.uk/article/10.1007/s11165-010-9204-3>

Must, K., (2014) Füüsikas on oluline, et õpilased saaksid katse kõik etapid läbi proovida. Külastatud aadressil: <http://www.tlu.ee/et/uudised/2492/fuusikalabor-avas-teadlaste-ool-omauksed>

Pico Technology. *Which freezes quicker, hot or cold water?* Külastatud aadressil: <https://www.picotech.com/library/results/freezing-hot-cold-water>

Pilakouta, M., Mitritsakis, K., Fragedakis, E., Varsamis, C.P., (2012) *Videos of physics experiments. A supplementary educational tool for students and teachers*. Külastatud aadressil: <https://arxiv.org/abs/1211.4112>

PISA testi 2015 tulemused. Külastatud aadressil: https://www.hm.ee/sites/default/files/pisa_2015_final_veebivaatamiseks_0.pdf

Püttsepp, U., (2012) Avastati kõrgtemperatuurse ülijuhtivuse füüsikalisi tagamaid. Külastatud aadressil: <http://www.fyysika.ee/?p=27921>

Sadiku, M.N.O., Akujuobi, C.M., (2006) *Magnetic levitation*. Külastatud aadressil: <https://ieeexplore-ieee-org.libproxy.ncl.ac.uk/document/1649010/>

Serway, R.A., Jewett, J.W., (2004) *Physics for Scientists and Engineers*. Külastatud aadressil: http://sciold.ui.ac.ir/~sjalali/book/physics_serway.pdf

Snětinová, M., Káčovský, P., Machalická, J., (2018) *Hands-On Experiments in the Interactive Physics Laboratory: Students' Intrinsic Motivation and Understanding*. Külastatud aadressil: <https://ojs.cepsj.si/index.php/cepsj/article/view/319>

Sweitzer, H.F., King, M.A., (2004) *Edukas praktika. Õppimine kogemuse kaudu*. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus.

Teppo, M., Semilarski, H., Soobard, R., Rannikmäe, M., (2017) 9. klassi õpilaste huvi eri kontekstis esitatud loodusteaduslike teemade õppimise vastu ja motivatsioon õppida loodusteadusi. Külastatud aadressil: <http://ojs.utlib.ee/index.php/EHA/article/view/eha.2017.5.1.05>

Testi reliaablus (usaldusväarsus). Välja otsitud Tallinna Ülikooli koduleheküljel http://www.tlu.ee/opmat/ka/opiobjekt/oppevahendid/testi_reliaablus_usaldusvrsus.html 31.03.2018.

Testi valiidsus ja ökonoomsus. Välja otsitud Tallinna Ülikooli koduleheküljel http://www.tlu.ee/opmat/ka/opiobjekt/oppevahendid/testi_valiidsus_ja_konoomsus.html 31.03.2018.

Tinkham, M., (1996) *Introduction to Superconductivity (2nd Edition)*. Külastatud aadressil: <https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpISE00023>

Vana, T., (1996) Füüsika demonstratsioonkatsete esituse uurimine kaheksandas klassis. Publitseerimata bakalaureusetöö. Tartu Ülikool

Ülenurme Gümnaasium, (2017) Valikaine "Füüsika praktikum" Valikkursuse lühikirjeldus. Külastatud aadressil: http://www.yle.edu.ee/wp-content/uploads/2017/02/Loodusained_valikkursused.pdf

LISA 1 Uurimuse läbiviimiseks kasutatud instrument

Ülijuhtivus

1) Seleta oma sõnadega, mis on ülijuhtivus.

.....
.....
.....

2) Vii kokku ühend ja tema seostumine ülijuhtivusega.

Hg

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, teise nimega "YBCO" või "1-2-3"

H_2S

Leitud ülijuhtivus 203K juures.

1911. aastal avastati ülijuhtivus.

Esimene kõrgtemperatuurne keraamiline ülijuht.

3) Kas videos olnud nähtus toimiks, kui ülijuhi asemel oleks mõni muu materjal? Kas magnetriba asemel võiks olla midagi muud? Põhjenda.

.....
.....
.....
.....
.....

4) Kas ülijuht tõuseks magnetribal õhku, kui ta alguses on magnetriba peal ja alles siis hakata talle peale valama vedelat lämmastikku? Põhjenda

.....
.....
.....
.....
.....

5) Miks kasutati videos vedelat lämmastikku? Miks lendab ülijuht magneti kohal nii vähe aega? Mida oleks vaja, et ülijuht püsiks õhus kauem?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

6) Kus kasutatakse päriselus ülijuhtivaid materjale ja mis võiksid olla sellise nähtuse funktsioonid tulevikus?

.....
.....
.....
.....

LISA 2 Uurimuse läbiviimiseks kasutatud instrument

Õhu/soojuspaisumine

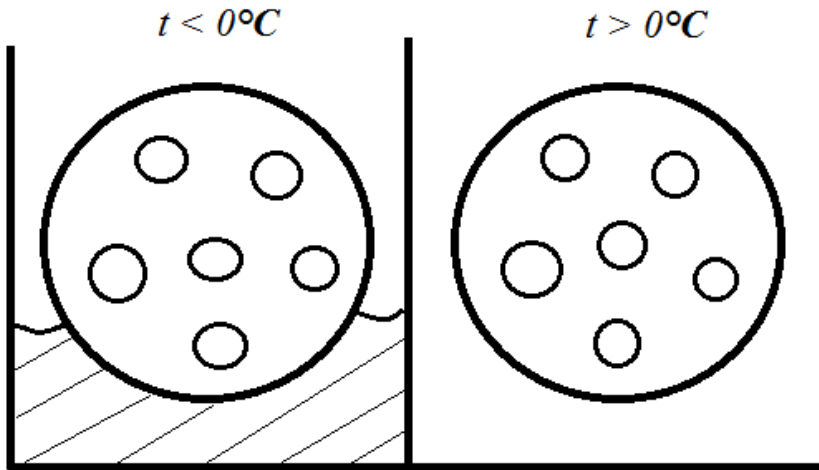
1) Mis on soojuspaisumine?

.....
.....
.....

2) Kui üldiselt temperatuuri kasvades ained omandavad ruumis suuremaid mõõtmeid ning temperatuuri kahanedes tõmbuvad kokku, siis tooge näide, mille korral selline protsess on vastupidine.

.....
.....
.....
.....

3) Näita joonisel nooltega ja seleta sõnadega, kuhu ja kuidas liiguvad õhusakesed pallides. Vasakpoolne pall on kastis kus on vedel lämmastik(-210°C). Parempoolne pall on kastis, mis on kuum.



.....

.....

.....

4) Kus võib tavaelus näha soojuspaisumist? Too näiteid.

.....

.....

.....

.....

5) Mis temperatuuri juures tõuseb kuumaõhupall õhku? Välisõhu temperatuur $t = 25^{\circ}\text{C}$, õhupalli ruumala $V = 2500 \text{ m}^3$. Õhupalli kesta ja laadungi kogumass $m = 500 \text{ kg}$ ja õhu tihedus 25 kraadi juures $\rho_{25} = 1,18 \text{ kg/m}^3$. Õhupalli ruumala ei muutu.

.....

.....

.....

.....

.....

LISA 3 Uurimuse läbiviimiseks kasutatud instrument

Külmutamine

1) Seleta oma sõnadega, mis on külmumine.

.....
.....
.....
.....

2) Pärast haamriga löögi saamist, purunes õun/porgand videos. Miks muutus ta hapraks?

.....
.....
.....
.....

3) Kas sama nähtus toimuks ka mõne muu asjaga, miks? Näiteks kummi või mõne tahke esemega.

.....
.....
.....

4) Kus ja milleks kasutatakse tavaelus külmutamist? Too 3 näidet.

.....
.....
.....
.....
.....

5) Miks võivad talvel madalamatel temperatuuridel veetorud lõhkeda, kuidas oma majapidamist selle eest kaitsta?

.....
.....
.....

.....
.....
6) Juku käis isaga talvel kalal ja vedas omale koju suure tüki jääd. Ta raius omale jääst skulptuuri. Kätte jõudis kevad ja kuju sulas ära. Kui eeldame, et sulamiseks kulus 6,6 MJ energiat. Mis oli Juku meistriteose mass enne sulamist? Jää sulamissoojus on 333 J/g.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

LISA 4 "Ülijuhi demokatse"

https://www.youtube.com/watch?v=_L1ou5NIQbo

LISA 5 "Õhu paisumine 1" , "Õhu paisumine 2"

<https://www.youtube.com/watch?v=jnZG3uM73Y8>

<https://www.youtube.com/watch?v=mLOJ4ObsEsQ>

LISA 6 "Porgandi külmutamine", "Õuna külmutamine"

<https://www.youtube.com/watch?v=WbBRjL2ZW6I>

<https://www.youtube.com/watch?v=OnS5uUTEyDc>

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Martin Pääsik,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose " KOOLIFÜÜSIKA PRAKTILISE ÕPPEMATERJALI KOOSTAMINE ÜLIJUHTIVUSE, SOOJUSPAISUMISE JA TAHKUMISE TEEMADEL JA ÕPETAJATE HINNANGUD LOODUD ÕPPEMATERJALIDELE",

mille juhendaja on Svetlana Ganina

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus **06.06.2018**