

Tartu Ülikool  
Sotsiaal- ja haridusteaduskond  
Põhikooli mitme aine õpetaja

Küllli Tiit

# FÜÜSIKALISTE VÄÄRARUSAAMADE PÜSIVUS

magistritöö

Juhendaja: Henn Voolaid

Läbiv pealkiri: Füüsilised väärarusaamad

Tartu 2010

## SISUKORD

SISUKORD.....	2
<b>I TEOREETILINE TAUST.....</b>	<b>4</b>
1.1. VÄÄRARUSAAMADEST KIRJANDUSE PÕHJAL .....	4
1.1.1 Väärarusaamadest üldiselt.....	4
1.1.2 Väärarusaamade uurimine.....	6
1.1.3 Väärarusaamade liigid.....	6
1.1.4 Väärarusaamade võimalikud tekkepõhjused.....	7
1.1.5 Väärarusaamadest vabanemine.....	9
1.2. ÜLEVAADE UURIMUSEST.....	10
1.3. UURIMUSE EESMÄRGID JA HÜPOTEESID .....	11
<b>II METOODIKA.....</b>	<b>12</b>
2.1. VALIM.....	12
2.2. INSTRUMENT .....	13
2.3. PROTSEDUUR.....	13
<b>III TULEMUSED.....</b>	<b>14</b>
3.1. TULEMUSTE KIRJELDUS .....	14
3.2. TULEMUSTE ANALÜÜS .....	22
3.2.1 Väärarusaama tuvastamiskriteeriumid.....	22
3.2.2 Vastuste analüüs.....	23
3.2.3 Meeste ja naiste tulemuste erinevus.....	31
3.2.4 Kokkuvõtte tulemustest .....	31
KOKKUVÕTE.....	34
SUMMARY .....	35
KASUTATUD KIRJANDUS .....	36
LISAD .....	39
Lisa 1 Küsimustik	

## SISSEJUHATUS

Väärarusaamu võiks võrrelda seest tühjade klotsidega, mis teadmiste ülesehitamisel võivad põhjustada kogu teadmistepagasi ümbervarisemise. Lastel tekivad arusaamad neid ümbritsevate igapäevaste asjade seletamiseks juba eelkoolieas. Need võivad olla tekkinud isiklike kogemuste baasil. Ent selliselt tekkinud arusaamad ei pruugi alati olla kooskõlas üldtunnustatud ja teaduslike seletustega. See omakorda võib anda aga aluse püsivate väärarusaamade tekkeks.

Füüsikaliste väärarusaamade uurimisega on Tartu Ülikooli tegeletud juba alates 2001. aastast. Uuritud on väärarusaamu nii mehaanikas (Eensaar, 2002), elektriõpetuses (Reissaar, 2003), termodünaamikas (Henn, 2003), soojusõpetuses (Tõru, 2004) kui ka kiiruse ja kiirenduse osas (Voltri, 2005).

Käesoleva töö eesmärgiks on uurida füüsikaliste väärarusaamade olenevust füüsikaõppe kestusest. Töö hüpoteesi kohasel esineb füüsikalisi väärarusaamu, mis ei kao olenemata füüsikaõppe kestusest või -mahust. Oluline on sellised väärarusaamad välja selgitada, et oleks võimalik õppeprotsessis nendega arvestada, sest väärarusaamade tuvastamisele ja nende muutmisele mitte tähelepanu pööramine võib kujuneda õppimist segavaks faktoriks, halvemal juhul aga tekitada tõsiseid õpiraskusi. Enamasti ei ole inimesed ka ise teadlikud oma väärarusaamadest ja see on üks põhjus, miks on neid ka keeruline tuvastada. Ent vaid väärarusaamadest teadlik olles on võimalik neid muuta.

Antud uurimustöös kasutatud küsimustiku koostamisel on kasutatud järgmisi töid:

- Eensaar, T. (2002). Väärarusaamad mehaanikas;
- Henn, R. (2003). Gümnaasiumiõpilaste väärmõistetest termodünaamikas;
- Tõru, H. (2004). 9. klassi väärarusaamad soojusõpetuses ja nende päritolu;
- Voltri, R. (2005). Väärarusaamad kiiruse ja kiirenduse kohta;
- Voolaid, H. (2005). Füüsikalised väärkontseptsioonid ja väärkasutused ning nende mõju õpitulemustele. Sihtasutuse Eesti Teadusfond GRANDIPROJEKT nr 5321

## LÕPPARUANNE.

Magistritöö koosneb kahest osast (teoreetilisest ja empiirilisest) ning on jaotatud kolmeks suuremaks peatükiks. Teoreetilises osas antakse ülevaade väärarusaamadest, täpsemalt selle mõistest, liikidest ning võimalikest tekkepõhjustest. Samuti käsitletakse varasemaid väärarusaamade kohta tehtud uurimusi ning antaks ülevaade senistest uurimustulemustest. Empiirilises osas analüüsitakse uurimustulemusi, arutletakse nende üle ja tehakse kokkuvõtteid.

## I TEOREETILINE TAUST

### 1.1. VÄÄRARUSAAMADEST KIRJANDUSE PÕHJAL

#### 1.1.1 Väärarusaamadest üldiselt.

Väärarusaamaks peetakse reeglina selliseid arusaamu, mis oluliselt erinevad teadlaskonna poolt aktsepteeritudest (Garnett, 1995). Teaduskirjanduses on väärarusaamu nimetatud erinevalt, näiteks väärkäsitlused (Pärtel & Piirimäe, 2000), eelkäsitlused (Paju, 1994), naiivsed alternatiivid (*naive alternatives*) (Hestenes, 1996), eelkontsptsioonid (*preconceptions*) (Champagne jt., 1980).

Inimene pole õppeprotsessi hakul *tabula rasa*, vaid tal on olemas oma varasematest teadmistest, hoiakutest, väärtushinnangutest, tõlgendustest kognitiivne struktuur – tesaurus. Õpilastel on antud teema materjali kohta olemas mingi eelnev kogemus. See võib olla kujunenud nii koolis kui ka väljaspool kooli, kogemused võivad olla nii praktilist kui ka teoreetilist laadi. Sellise kogemuse põhjal omandatud teadmised võivad olla kooskõlas teaduslike teadmistega, kuid võivad olla ka väärad (Pärtel 2000).

Suurem osa sellest, mida me teame ja oskame, pärineb elust väljaspool kooli. Õpime ka siis, kui me seda enda arvates ei teegi (Kidron, 1999). Kõik me oleme märganud, et juba väikestel lastel on omad seletused loodusnähtustele ja uskumused nendest. Laste algsed arusaamad mõjutavad kõike seda, mida nad parasjagu vaatlevad ja kuidas nad oma kogemusi tõlgendavad. Nad lähevad kooli, olles õppinud suure hulga oma maailmast mängude ja avastuste läbi (Tõru, 2004).

Kui loodusteaduste õpetamine koolis algab, on õpilastel juba valmis kogum arusaamu, mille alusel seletatakse mitmesuguseid nähtusi. Sageli nimetatakse neid ka väärarusaamadeks (misconceptions) (Trowbridge & McDermott, 1980). Viimase ligi 30 aasta jooksul füüsika õpetamise kohta tehtud uuringud näitavad, et õpilastel on ideid füüsikaliste süsteemide käitumisest ja toimimisest juba enne füüsika õpingute alustamist. Paljudel juhtudel need ideed aga erinevad tunnustatud teaduslikust ideest ning õpilastel on raske muuta oma esialgseid ideid (Maloney, 2001).

Õpilaste eelteadmised võivad pärineda väga erinevatest allikatest. Need on saadud kas varasemates klassides teistest õppeainetest või väljaspool õppetööd telerist, raadiost, kirjandusest... Need nn elulised teadmised lähevad tihtipeale lahku tõsiteaduslikest teadmistest, vahel aga on neile isegi vasturääkivad. Psühholoogid on tõestanud, et esmased muljed ja andmed osutuvad teinekord eriti püsivateks. Koolipraktikas on sellised juhused

sagedased ja nõuavad õpilastes kujunenud teadmispagasi ümbermõtestamiseks olulisi pingutusi (Reimann, 1994).

Tihti on väärarusaamad vastupidavad, nagu näitavad ka mitmed uurimused, sest õpilased hoiavad kinni oma uskumustest. Väärarusaamadest visalt kinnihoidmine ei ole tingitud uute kontseptsioonide omandamise raskusest, vaid õpilaste tõrksusest loobuda vanadest tuttavatest arusaamadest. Vanad kontseptsioonid on lähedased ja armsad õpilastele, kuna need on kujunenud aegade jooksul isikliku vaatluse käigus ning välja kasvanud intuiivsetest uskumustest. Need intuitsioonid ei ole isegi teadlikult hoitud, aga ikkagi avaldavad need suurt mõju õppijale (Riche, 2000).

Ka D. Gabel on tõdenud, et õpilaste väärarusaamad võivad olla äärmiselt püsivad. Põhjus, miks õpilaste arusaamu on raske asendada teadlaskonna poolt aktsepteeritud ettekujutusega seisneb asjaolus, et need on talletunud õpilase pikaajalises mälus (Gabel, 2005).

Usutakse, et väärarusaamad, mis esinevad 12-aastastel, esinevad suure tõenäosusega ka gümnaasiumiõpilastel ning üliõpilastel (Horton, 2004).

On selge, et praeguse tõese informatsiooni leidmisele orienteeritud infoühiskonna liikmetele ei ole kasulik omada väärteadmisi meid ümbritsevast maailmast. Seetõttu olekski õpetaja üks kohustustest välja selgitada õpilastel esinevad mõttemudelid, neis esinevatele vigadele tähelepanu juhtimine ja abistamine nende parandamisel (Trahv, 2000).

Loodusainete, füüsika ja keemia ning neile eelneva loodusõpetuse ülesanne koolis on välja kujundada õpilastel nüüdisaegne loodusteaduslik maailmapilt. Õpetada neid nägema maailma terviklikuna, kus selles toimuvad nähtused ning protsessid on põhjuslikud, mõtestatud ning teaduslikult uuritavad ja seletatavad. Füüsika õpetamisel taotletakse, et õpilane omandaks alused nüüdisaegse põhjuslik-tõenäosusliku füüsikalise maailmapildi kujunemisele (Voolaid, 1997).

Pärtel (2004) on kirjutanud teadmistest, mida võib vaadelda kui ehitist, kus teatud klotsid on omavahel seotud. Õppimisel lisanduvad uued klotsid on vaja eelneva ehitisega kokku sobitada ja seda saab teha mitmel erineval viisil. Eristatakse kahte tüüpi õppimist. Esiteks, õppimine, kui teadmiste liitmine, kus uute teadmiste struktuur on eelneva teadmisega kooskõlas. Õpilaste teadmiste klotsid haakuvad juurdelisatavate klotsidega ja teadmiste ehitise võimaldab tõrgeteta jätkata. Teist tüüpi õppimine esineb siis, kui õppimise käigus on vaja algteadmisi või nende struktuuri muuta. Uued klotsid ei sobi kokku eelnevatega või klotsid küll sobiksid, kuid eelnev ehitise ei sobi uue, kavandatavaga. Viimasena nimetatud õppimise puhul on vaja tekitada konflikt olemasolevate ja uute teadmiste vahel. Sellises olukorras on õppimine vaevarikas ja võtab palju aega. Kui aega jääb väheks ja õpilaste varasematele

arusaamadele ei pöörata piisavalt tähelepanu, võib õpilane kohaldada uue teadmise hoopis iseenda väärkujutlusega ja tekivad väärmõisted (Pärtel, 2004).

### 1.1.2 Väärarusaamade uurimine.

Väärarusaamasid on uuritud nii Eestis kui mujal maailma. Põhjalikumalt hakati neid uurima 1980. aastatel ja seda eelkõige Ameerika Ühendriikides, kus sellega alustasid nüüdseks selle ala klassikuteks peetavad David E. Trowbridge ja Lillian C. McDermott. Nad avaldasid 1980. aastal töö „*Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension*“, milles uuriti üliõpilaste arusaamist kiirusest ja väärarusaamu selle kohta.

Eestis hakati füüsikaliste väärarusaamade uurimisega tõsiselt tegelema 2001. aastal, mille tulemusena kaitsti Tartu Ülikoolis 2002. aastal H. Voolaiu juhendamisel valminud kaks diplomitööd (Eensaar, 2002 ja Reissaar, 2002) ja 2003. aastal üks teadusmagistritöö (Ganina, 2003). Töö väärarusaamadega on jätkunud TÜ Koolifüüsika keskuseni tänaseni.

Uuritud on väärarusaamade esinemist erinevas vanuses õpilastel (näiteks gümnaasiumi-, põhikooliõpilaste hulgas) nii soojusõpetuses (Tõru, 2004), mehaanikas (Eensaar, 2002), termodünaamikas (Henn, 2003), elektriõpetuses (Reissaar, 2003) ning kiiruse ja kiirenduse (Voltri, 2005) puhul ning ühtlasi püütud välja selgitada ka nende tekkepõhjust.

### 1.1.3 Väärarusaamade liigid.

Kirjanduse põhjal on võimalik eristada järgmisi väärarusaamade liike:

Ettemoodustatud mõisted (*preconceived notions*) – igapäevaelus juurdunud mõisted/arusaamad. Näiteks paljud inimesed usuvad, et Maa sees olev vesi peab voolama, sest vesi, mida nad on harjunud nägema Maa peal (jõgedena, ojadena) voolab.

Mitteteaduslikud uskumused (*nonscientific beliefs*) – uskumused, mis on tingitud kas religioonist ja/või mütoloožiast. Tegemist on teadmistega, mis on omandatud mitteteaduslikust kirjandusest. Näiteks mõned lapsed on õppinud usu kaudu maa ja selle eluvormide ajalugu. Laialdaselt levinud uskumuste ja teaduslikult aktsepteeritud faktide vahel on suur lahknevus, mis omakorda on viinud märkimisväärse vastuoluni loodusteaduste õpetamisel.

Mõistelised väärarusaamad (*conceptual misunderstandings*) – arusaamad, mis tekivad, kui teaduslikku informatsiooni õpetatakse viisil, mis ei toeta paradokside ja konfliktidega, mis tulenevad isikliku kogemuse põhjal moodustunud mitteteaduslikest mõistetest, silmitsi seismist. Selle tulemusena luuakse valesid mudeleid ning samas ollakse ebakindlad oma

teooriate suhtes. Levinud näide selle kohta on „jõud kui keha omadus“ Tegelikult on jõud kahe keha vastastikmõju ilming, mitte aga keha omadus.

Kodused väärarusaamad (*vernacular misconceptions*) – arusaamad, mis tekivad sõnakasutusest. Mingil sõnal võib olla igapäevaelus üks tähendus ja teaduslikus kontekstis hoopis teine. Näiteks sõna 'töö': igapäevaelus peame sõnaga 'töö' silmas inimese mis tahes tegevus, millega ta otseselt või kaudselt loob endale elatusvahendid; laiemalt ka vaimset või füüsilist pingutust eeldavat tegevust, mille siht on midagi ära teha (Eesti keele seletav sõnaraamat). Füüsikalises mõttes on töö võrdne kehale mõjuva jõu ja selle jõu mõjul läbitud teepikkuse korrutisega (Peil, 2003).

Faktilised väärarusaamad (*factual misconceptions*) – teadmised, mis on tihti omandatud varajases eas ja säilinud muutumatuna täiskasvanu eani. Mõte, et välk ei löö kaks korda ühte kohta ei ole kuidagi põhjendatud, kuid see arusaam võib olla peidetud uskumuste süsteemi ja esineda nii õpetajatel kui õpilastel (Science Teaching Reconsidered: A Handbook, 1997). Samamoodi arvatakse, et Kuu faasid (noorkuu ja vanakuu) on tingitud sellest, et Maa jääb Päikesevalgusele ette ja tekitab varju Kuu peale: aetakse segamini kuuvarjutus ja kuufaasid (Voolaid, loengukonspekt).

#### 1.1.4 Väärarusaamade võimalikud tekkepõhjused.

Õpilasi võivad füüsikas segadusse ajada ning valesti õppima panna mitmed erinevad tegurid: keelekasutus, igapäevased kogemused, analoogiad, küsitlustestid. Lisaks võivad ka õpikud põhjustada õpilastel raskusi õigete arusaamade loomisel füüsika mõistetest, teooriatest ning seadustest (Maloney, 1990).

Õpitust arusaamine võib tihtipeale olla palju keerulisem kui faktiteadmiste omandamine. Seda eelkõige seetõttu, et õpilastel juba on varasemad arusaamad, mis on läbi igapäevakogemuste sügavale juurdunud, ent mis ei ole sageli teaduslike arusaamadega kooskõlas. Taoliste arusaamade juurdumisel on kaks peamist põhjust. Esiteks on õpilased rahul enda kontseptsioonidega ega hinda teaduslikku käsitlust. Teiseks määravad olemaolevad arusaamad edasise õppimise käigu: õpetatavat nähakse läbi enda kogemuse prisma ega pruugita teaduslikust kontseptsioonist aru saada (Duit, Treagust, 1995).

Uusi mõisteid on seda kergem omaks võtta, mida vähem asjast eelnevalt teatakse. Mida abstraktsem kontseptsioon, seda vähem on see avatud otseselt kogemusele. Alternatiivsete arusaamade esinemissagedus on suurem teemade puhul, kus kasutatakse spetsiifiliselt sõnu,

mis on käigus ka tavakeeles. Mehaaniline tuupimine on valdav aga juhul, kui kaasatud on suur hulk tundmatuid sõnu (Gunstone, 2000).

Üks väärarusaamade allikas on ka keel. Füüsikal on võrreldes igapäevase kõnepruugiga oma sõnad, väljendid ja loogika (Exupery, 1999). Keelelised väärarusaamad tulenevad mõistetest, millel on igapäevaelus teistsugune tähendus kui teaduslikus kontekstis. Loodusteadused, sh füüsika omandab tihti tahtmatult mingi müstilise varjundi, kui kasutatav keel pole õpilasele arusaadav. See laseb loodusteadustel paista dogmaatilise, autoritaarse, ebaisikulise ja paljude jaoks isegi ebainimlikuna (Lemke, 1993). Samuti jätab see füüsikast mulje kui raskest asjast, põhjustades omakorda võõrandumise (võõrandumise all mõistetakse siinkohal protsessi, milles inimtegevus ja selle tulemused irduvad inimesest ja muutuvad talle olemuslikult võõraks) (Voolaid, 2001).

Täiskasvanuile, kes satuvad loengule, mille teemast teab inimene vähe, võib see kohati tunduda nonsensina, eriti kui kõneleja kaldub erialasesse žargooni. Tekib olukord, kus enamus räägitavast läheb kuulaja jaoks kaduma, kuna see pole arusaadav. Oletame, et Kepler seletas kaasaegsetele: „Nagu näete, on planeedi orbiit elliptiline“. Ehk ei mõistnud osa kuulajaist, mis on 'planeet', teine, mis on 'orbiit' või 'elliptiline'. Arusaamatuse põhjus tuleneb sellest, et kuulaja ei valda samu termineid mis kõneleja (Henn, 2003).

Mitmetel mõistetel nagu näiteks 'energia' või 'töö' on kindel tähendus teaduses ja paralleelselt ka kindel, kuid mitte alati identne tähendus igapäevaelus. Seega tuleb füüsika õppimisel tegeleda ka tuttavate sõnadega, millele antakse uutes kontekstides uusi tähendusi. (Henn, 2003).

Vastavate uurimustööde puudumisel on raske teha järeldusi Eesti õpikute mõju kohta väärarusaamade kujunemisele. Võib vaid oletada, et vajakajäämised õpikutes võivad kajastuda ka Eesti laste arusaamade kujunemisel teadusliku füüsikamaailmapildiga tutvumisel. (Henn, 2003). Üks väärarusaamade kujunemise põhjus võib olla asjaolu, et sageli tuuakse õpikutes huvitavaid katseid ja nähtuste kirjeldusi, kuid jäetakse neile (asjakohane või piisav) seletus andmata. Selline avatud õpetuse idee ebaõige tõlgendamine võib soodustada õpitava küsimuse väärarusaamade moodustumist. Enamasti ei jäta õpilased endale probleemi avatuks, nagu autorid seda eeldavad, vaid nad annavad nähtusele ise seletuse, mis on sageli väär (Paju, 1994) .

Füüsikas on teadmiste saamise allikaks katse. Üliõpilaste seas läbi viidud küsitlusest selgus, et need, kellel on koolist praktiliste tööde kogemus, arvavad, et katseid tehes jääb füüsika paremini meelde; katseid on huvitav teha ja et katsed teevad füüsika populaarseks õppeaineks. Paraku domineerib koolis teoreetiline lähenemine (Pärtel, 2006) .

Tartu Ülikooli koolifüüsika keskus on teinud uurimuse Eesti füüsikaõpetajate seas, selgitamaks muuhulgas välja milliseid õpetamis- ja kontrollmeetodeid eelistatakse, et suurendada õppe efektiivsust. Õpetamismeetoditest hindavad õpetajad kõrgelt aktiivõppe meetodeid, kuid nende praktilisel rakendamisel ollakse tagasihoidlikud. Aktiivõppe on õpilase tegevus, kus ta omandab aktiivselt ainet: lahendab probleemi, otsib teavet, uurib mudelit või teeb uurimuslikku katset. Kontrollmeetodid on konservatiivsed. Kõige enam kasutatakse kirjalikke kontrolltöid klassis (90%), kordi vähem aga kodust uurimustööd või arvuti abil tehtavaid töid. Samuti ei rõhuta õpetajad ka nende olulisust või mõju füüsikaõppe efektiivsusele (Ganina ja Voolaid, 2005).

### *1.1.5 Väärarusaamadest vabanemine.*

Väärmõisted on püsivad, sest tihti õpilased ei reflekteeri, mida nad õpivad ega kontrolli selle vastavust enda arusaamadega. Kui viia õpilased selleni, et nad võrdlevad informatsiooni oma uskumustega ja saavad oma oletustele katsete kaudu kinnitust otsida, võtavad nad teadusliku käsitluse paremini vastu. See ärgitab õpilasi olema metakognitiivsed ehk paneb nad oma õppimist kontrollima (Gunstone, White, 2000). Arusaamad on kujunenud aastate jooksul, need on õpilasele endale loogilised mõttekäigud, mille asendamine teadusliku arusaamaga võib tihti olla vaid näiline, kui piirdume pealiskaudse meenutava-õppimisega ehk memoreerimisele rõhumisega, faktide ületähtsustamisega, jättes sisulise arusaamise tahaplaanile ja muutes selle teisejärguliseks (Krull, 2000).

Üldhariduskoolis on põhiline õpetamismeetod õpetajakeskne loenguline tund. Vähe on avatud suhtlemist ja dialoogi. Kaasik (2002) on kirjutanud, et ollakse veendunud, et õppimine on tulemuslikum, kui õppijad on aktiivselt õppeprotsessi kaasatud, kui neil on võimalik osaleda õppe planeerimisel ja eesmärkide püstitamisel (Kaasik, 2002).

Õpitu rakendub praktikasse seda tõenäolisemalt, mida lähemal on õpitu tegelikult elule. Kõige lihtsamalt ongi probleemõpet defineeritud kui õppimist probleemide leidmise ja lahendamise kaudu. Võib arvata, et teadmisi omandatakse probleemõppe puhul vähem, aga mida omandatakse, see püsib paremini meeles (Mikk ja Asser, 2001).

Õpetaja võib lähtuda ka liigselt õpikust. Õpetaja õpetab ju siiski õpilast ja ei tohiks pimesi usaldada ja üksüheselt järgida õpikut. Selleks, et õpetamisel ettetulevaid ainealaseid probleeme näha ja märgata ning neist aru saada, peaks aineõpetaja näol vastava ala spetsialistiga: füüsika õpetamisel füüsikuga, keemia õpetamisel keemikuga jne. Seda kahjuks paljudes Eesti koolides ei ole (Voltri, 2005).

Ollakse seisukohal, et õpetaja roll selles seisnebki, et ta teeb õpiku materjali õpilastele selgeks ja suupäraseks, st on puhvriks õpilaste ja õppematerjali vahel. Selline seisukoht on mugav õpiku autorile, kellel on raskusi sellise teksti kirjutamisega, mis oleks õpilastele jõukohane; ta teab, et alati on keegi, kes õpiku puudused ära silub (Unt, 2000).

## 1.2. ÜLEVAADE UURIMUSEST

Uurimus viidi läbi, et välja selgitada, kas füüsikaliste väärarusaamade esinemine sõltub füüsikaõppe kestusest. Selleks koostati valikvastustega test. Test viidi läbi erinevas vanuses (14 – 46 aastat) (vt. tabel 1) ja seega ka erinevas mahus füüsikat õppinud vastajate hulgas (vt. tabel 2). Uuritavateks olid nii mehed (poisid) kui naised (tüdrukud), valim tekkis uuringu käigus juhuslikkuse teel (vt tabel 3).

**Tabel 1.** Uuritavate jaotus vanuse lõikes

Vanus (aastat)	Arv	Protsent
14	48	17
15	34	12
16	45	16
17	37	13
18	21	7
19	21	7
20	8	3
21	7	2
22	14	5
23	10	3
24	9	3
25	5	2
26	9	3
27	5	2
29	2	0,8
30	5	2
31	1	0,5
32	2	0,7
44	1	0,5
46	1	0,5
Kokku	285	100,0

**Tabel 2.** Uuritavate jaotus õpimahu lõikes

Vastajad	Vastajate arv	Vastajate %
8. klassi õpilased	58	20
9. klassi õpilased	27	10
10. klassi õpilased	58	20
11. klassi õpilased	24	8
12. klassi õpilased	18	6
HT <sup>1</sup> 1. aasta üliõpilased	36	13
F <sup>2</sup> üliõpilased	24	9
Täiskasvanud 1 <sup>3</sup>	22	8
Täiskasvanud 2 <sup>4</sup>	18	6
Kokku	285	100,0

<sup>1</sup> - Haridusteaduste instituut <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituut <sup>3</sup> - füüsika õppimisest möödas kuni 5 aastat <sup>4</sup> – füüsika õppimisest möödas rohkem kui 5 aastat.

**Tabel 3.** Uuritavate jaotus soo lõikes

Sugu	Arv	Protsent
Mees	140	49,1
Naine	145	50,9
Kokku	285	100,0

Küsitlus viidi läbi ajavahemikus detsember 2009 – veebruar 2010. Küsitluse näol oli tegemist valikvastustega testiga, mis koosnes kümnest küsimusest, millel igal juhul oli 4 vastusevarianti, millest üks oli õige ja ülejäänud juba varasemates töodes väljaselgitatud väärarusaamad.

Väärarusaama tuvastuslavena (ingl. k. *detection level*) kasutati Ott Krikmanni poolt välja pakutud varianti: väärarusaam defineeriti kui  $(100 : n + 5)\%$  ehk väärarusaamaks loeti kõik vastusevariandid, mille esinemissagedus oli suurem kui  $(100 : n + 5)\%$ , kus  $n$  on antud küsimusele pakutud valikvastuste arv (Krikmann jt., 2004). Seega nelja vastusevariandi korral võib väita, et kõik need vastused, mille esinemissagedus on üle 30 %, on teadlikud eelistused. Ja kui see teadlik eelistus on valeks loetud vastusevariant, siis ongi tegemist väärarusaamaga.

### 1.3. UURIMUSE EESMÄRGID JA HÜPOTEESID

On arvatud, et koolis polegi vaja füüsikat õpetada. Ent see ei ole sugugi tõsi. Füüsikaseadused toimivad kõikjal meid ümbritsevas maailmas, tänu füüsikale on meil tänapäeval päris hea ettekujutus nii Universumis kui ka mikromaailmas toimuvast. Füüsika

põhitõed on aluseks paljudele teistele teadustele nagu näiteks keemia, geoloogia jt. Seetõttu on põhjust arvata, et iga inimene võiks füüsika põhitõdedest midagi teada. (Loide, 2005).

Õpetamisprotsessi efektiivsust võivad oluliselt pärssida õpilastel olevad eelteadmised, mis ei pruugi olla kooskõlas teaduslikult tunnustatud ideede ja kontseptsioonidega. Selleks, et õpilaste võimalike eelteadmistega arvestada, on ennekõike vajalik nende kindlakstegemine. See annab võimaluse välja selgitada, kas baasmõisted, millele uusi teadmisi rajama hakatakse, on kõigile üheselt arusaadavad. Kui eelteadmised on ebakorrektsed, võivadki tekkida väärarusaamad meid ümbritsevatest protsessidest.

Õppimine sõltub osaliselt ka sellest, mil määral seostatakse uued mõisted enda omadega. Olemasolevate teadmiste-oskuste struktuur on aluseks uute oskuste ja teadmiste omandamisel. (Kidron, 1999).

Antud töö eesmärgiks on uurida füüsikaliste väärarusaamade olenevust füüsikaõppe kestusest. Selleks on võetud varasematest uuringutest selgunud enamlevinud väärarusaamad ja neist on koostatud test, mille abil on kontrollitud väärarusaamade olemasolu nii põhikooli-, gümnaasiumi- ja üliõpilaste ning täiskasvanud elanikkonna hulgas. Vastavalt sellele on püstitatud ka töö hüpotees, mille kohaselt esineb väärarusaamasid, mis ei kao füüsika õppimisel ega olene füüsika õppimise mahust või õppimise kestusest. Väärarusaamade väljaselgitamine annab võimaluse kujundada tõeseid arusaamu ja muuta füüsikaõppe efektiivsemaks.

## II METOODIKA

### 2.1. VALIM

Lähtuvalt töö eesmärgist uurida füüsikaliste väärarusaamade olenevust füüsikaõppe kestusest, viidi küsimustik läbi erinevas vanuses vastajate hulgas. Vastajateks olid Tartu Karlova Gümnaasiumi 8., 9., 10., 11. ja 12. klasside õpilased, TÜ Haridusteaduste instituudi I aasta üliõpilased ning TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased. Lisaks olid kaasatud ka täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab vähemalt 2 aastat. Testi tulemuste analüüsiks koostati neist omakorda 2 rühma: need, kellel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat ja need, kellel õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat. Uuritavateks olid nii mehed kui naised. Kokku oli valimis 285 uuritavat.

## 2.2. INSTRUMENT

Andmete kogumiseks kasutati antud töös valikvastustega testi (Lisas), mida eelistati teistele vormidele (intervjuu, konstrueeritav vastus) seetõttu, et selle abil oli võimalik õpilasi testida suhteliselt kiiresti ja lühikese aja jooksul, segades võimalikult vähe ordinaarset õppetööd. Test koosnes kümnest küsimusest, millel igal juhul oli 4 vastusvarianti. Ankeetküsitluste reliaablust uurides, ilmnes, et Cronbach's Alpha = 0,50.

Küsimustiku pani kokku antud töö autor ning selle koostamisel oli aluseks võetud varasemates töödes uuritud ja välja selgitatud väärarusaamad füüsikas. Antud testi valiti varasematest töödest sellised küsimused, mille puhul juba oli välja selgitatud väärarusaama esinemine.

Antud töö küsitluses olnud küsimustest 1.- 4. on võetud Eensaare (2002) tööst, 5. Voltri (2005), 6. ja 10. Grandiprojekti nr 5321 (2005) raames tehtud uurimusest, 7. ja 8. Tõru (2004) ning 9. Henn'u (2003) tööst.

## 2.3. PROTSEDUUR

Küsimustik koosnes kümnest valikvastustega küsimusest. Vastamisel tuli valida iga küsimuse puhul neljast vastusevariandist üks kõige tõepärasemana tunduv vastus ja selle ees olevale tähele ring ümber tõmmata. Vastusevariandid sisaldasid eelnevates uurimustöodes avastatud või käsitletud õpilastel erinevaid väärarusaamu ja õigeks loetud vastusevarianti. Küsimustik oli täitjale anonüümne ja selle täitmiseks oli vastajal aega 15 minutit, mis osutus piisavaks.

Nii põhikooli- kui gümnaasiumiõpilastele (8.-12. klass), samuti ka enamikule täiskasvanutest toimetati valikvastustega test isiklikult töö autori poolt, kes viibis ka testi täitmise juures. Üliõpilastele mõeldud küsimustiku toimetas ning sellele vastamise viis läbi antud töö juhendaja Henn Voolaid. Umbes pooltele täiskasvanutele toimetati test ka elektrooniliselt ning selle täitmise juures testi koostaja ei viibinud.

Ankeetküsitlus toimus ajavahemikus detsember 2009 – veebruar 2010.

Andmetöötlusel kasutati andmetöötlustarkvara paketti SPSS Statistika 17.0.

### III TULEMUSED

#### 3.1. TULEMUSTE KIRJELDUS

Järgnevalt on esitatud saadud vastuste jaotus küsimuste kaupa. Iga küsimuse juures on toodud välja, millist vastusevarianti neljast õigeks loeti. Lisaks on toodud iga klassi/grupi vastajate arv  $N$  ja sellele vastav protsentuaalne jaotus. Samuti on tabelis **paksus kirjas** esile toodud õige vastusevariandi rida.

Töös kasutatakse Ott Krikmanni poolt kasutusele võetud väärarusaamade tuvastusläve (ingl. k. *detection level*), mille kohaselt loetakse väärarusaamaks need vastusevariandid, mille esinemissagedus on suurem kui  $(100 : n + 5)\%$ , kus  $n$  on antud küsimusele pakutud valikvastuste arv (antud küsitluse puhul  $n = 4$ ). Ning levinud väärarusaamaks on loetud need vastusevariandid, mis on ületanud õigesti antud vastuste protsendi. Lisaks on töös kasutatud väärarusaamade ja õigete arusaamade võrdlust, nimelt neile vastavate protsentide suhet -  $\eta$ . See näitab, kui palju on väärarusaam rohkem levinud kui tõene arusaam.

#### 1. Kui raamat lebab liikumatult laual, siis raamatule

- mõjuv gravitatsioonijõud ja laua elastsusjõud on võrdsed;
- mõjub vaid laua elastsusjõud;
- mõjub vaid gravitatsioonijõud;
- ei mõju ühtki jõudu, sest ta lebab liikumatult.

**Tabel 4** Vastuste jaotumine 1. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant *a) mõjuv gravitatsioonijõud ja laua elastsusjõud on võrdsed*

	Vastajad																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK2 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>a)</b>	<b>34</b>	<b>58</b>	<b>9</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>45</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>64</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>55</b>	<b>11</b>	<b>61</b>
b)	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c)	12	21	11	41	29	50	19	79	16	89	10	28	0	0	9	41	7	39
d)	9	15	6	22	1	2	1	4	0	0	2	6	0	0	1	4	0	0
<b>K</b>	<b>56</b>	<b>96</b>	<b>26</b>	<b>96</b>	<b>56</b>	<b>97</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	<b>98</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

*K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat

Tabelist 4 on näha, et vaid 11. ja 12. klassi õpilaste poolt antud õigete vastuste protsent ei ole ületanud tuvastusläve (30%). Kõige enam õigeid vastuseid (100%) andsid TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased ja kõige vähem 12. klassi õpilased (11%).

Kõige enam valitud valeks vastuseks oli variant c), mille kohaselt liikumatult laual lebavale raamatule mõjub vaid gravitatsioonijõud. Põhikooli- ja gümnaasiumiõpilaste seas (8.–12. klass) on vastusevariandi c) näol tegemist levinud väärarusaamaga. Üliõpilastel (nii TÜ Haridusteaduste instituudi kui TÜ Füüsikainstituudi) väärarusaamu antud küsimuse juures ei tuvastatud.

## 2. Kui pall veereb ühtlase kiirusega ja sirgjooneliselt, siis pallile

- mõjuvad jõud on kõik võrdsed;
- mõjuvate jõudude summa on null;
- mõjub liikumise suunas jõud, et säilitada ühtlast kiirust;
- ei mõju ühtki jõudu.

**Tabel 5.** Vastuste jaotumine 2. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant *b) mõjuvate jõudude summa on null.*

	Vastajad																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK2 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
a)	28	48	14	52	22	38	7	29	4	22	6	17	3	13	3	14	4	22
<b>b)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>26</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>17</b>
c)	27	47	12	44	18	31	16	67	14	78	20	56	9	37	15	68	11	61
d)	1	2	0	0	1	2	0	0	0	0	1	3	0	0	1	4	0	0
<b>K</b>	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>56</b>	<b>97</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	<b>98</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

*K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Ülalolevast tabelist 5 on näha, et kõige enam õigeid vastuseid andsid TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased (50%). Antud grupi vastused ületasid ainsana õige vastuse tuvastusläve. Mitte ühtegi õiget vastust ei andnud vaid 12. klassi õpilased.

Kõikides klassides/gruppides esines väärarusaam c), mille kohaselt ühtlaselt ja sirgjooneliselt veerevale pallile mõjub liikumise suunas jõud, et säilitada ühtlast kiirust. Lisaks vastusevariandile c), esineb 8., 9. ja 10. klassi õpilaste hulgas ka väärarusaam, mille kohaselt ühtlaselt ja sirgjooneliselt veerevale pallile mõjuvad jõud on kõik võrdsed (vastusevariant a).

### 3. Kui paat ujub vees, siis

- paadile mõjuv üleslükkejõud on väiksem kui paadi raskusjõud;
- paadile mõjuvad raskusjõud ja üleslükkejõud on võrdsed;
- paadile mõjuv üleslükkejõud on suurem kui paadi raskusjõud, sest paat püsib veepinnal;
- ükski eelnev väide ei ole õige, sest üleslükkejõud mõjub vaid kehale, mis on täielikult vedelikku sukeldatud.

**Tabel 6.** Vastuste jaotumine 3. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant *b) paadile mõjuvad raskusjõud ja üleslükkejõud on võrdsed.*

	Vastajad																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK2 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
a)	4	7	2	7	4	7	1	4	2	11	1	3	0	0	1	5	1	6
<b>b)</b>	<b>15</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>24</b>	<b>41</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>83</b>	<b>7</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>44</b>
c)	26	45	20	74	24	43	9	38	12	67	19	52	4	17	8	36	6	33
d)	13	22	2	8	5	9	8	33	0	0	5	14	0	0	6	27	3	17
K	58	100	27	100	57	99	24	100	18	100	34	94	24	100	22	100	18	100

*K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Tabelist 6 on näha, et kõige vähem õigeid vastuseid (11%) andsid 9. klassi õpilased. Õige vastuse tuvastusläve ei ületanud 8., 9., 11., 12. õpilaste ega ka TÜ Haridusteaduste instituudi üliõpilaste poolt antud vastused. Kõige enam õigeid vastuseid (83%) anti TÜ Füüsikainstituudi üliõpilaste poolt.

Kõige enam valitud vale vastus oli c), mille kohaselt vees ujuvale paadile mõjuv üleslükkejõud on suurem paadi raskusjõust, sest paat püsib ju veepinnal. Antud vastusevarianti valiti kõige vähem TÜ Füüsikainstituudi üliõpilaste poolt ja kõige enam 9. klassi õpilaste poolt, nii arvas koguni 74 % 9. klassi vastajaist. Nimetatud vastusevariant oli ühtlasi ka levinud väärarusaam kõikides klassides/gruppides, välja arvatud TÜ Füüsikainstituudi üliõpilaste hulgas.

### 4. Kui telliskivi asetseb liikumatult 1 meetri kõrgusel laual, siis

- telliskivi omab potentsiaalset energiat;
- telliskivi omab kineetilist energiat;
- kivil puudub igasugune energia, kuna ta püsib liikumatult;
- kivi tõstmisel lauale on tehtud tööd, kuid kivil endal puudub energia, kuna kivi ei ole töötav mehhanism.

**Tabel 7.** Vastuste jaotumine 4. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant *a) telliskivi omab potentsiaalset energiat*

	Vastused																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK2 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>a)</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>42</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>67</b>	<b>22</b>	<b>92</b>	<b>13</b>	<b>59</b>	<b>10</b>	<b>56</b>
b)	10	17	3	11	9	15	2	8	2	11	3	8	0	0	2	9	1	6
c)	6	10	4	15	7	12	0	0	2	11	1	3	1	4	2	9	0	0
d)	31	54	14	52	33	57	12	50	8	45	7	19	1	4	4	18	7	39
<b>K</b>	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	<b>97</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>21</b>	<b>95</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

*K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Kõige enam õigeid vastuseid anti üliõpilaste poolt (Haridusteaduste instituudi üliõpilased 67% ja TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased 92%) ja ka täiskasvanute poolt, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat (59%). Samuti ei esinenud nimtud gruppide puhul väärarusaamu, mis oleksid ületanud tuvastusläve (30%). Levinud väärarusaam esines aga 8., 9., 10., 11. 12. klasside õpilaste hulgas ning selleks oli variant d). Täiskasvanutel, kel füüsika õppimisest möödab enam kui 5 aastat, esines samuti väärarusaam d) (39%), ent tegemist ei olnud levinud väärarusaamaga.

### 5. Kui lasta kehal langeda vabalt õhutakistust arvestamata 40 m kõrguselt, siis poole maa läbimiseks (20m) kulub aega 2 sekundit ja ülejäänud läbimiseks

- sama palju aega st 2 sek, sest ülejäänud maa on sama pikk;
- vähem aega;
- rohkem aega;
- kuna pole teada keha massi, ei saa otsustada, kui kaua keha langeb.

**Tabel 8.** Vastuste jaotumine 5. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant *b) vähem aega*

	Vastajad																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK2 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
a)	26	45	8	29	17	29	4	17	6	33	9	26	3	13	5	23	2	11
<b>b)</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>29</b>	<b>50</b>	<b>11</b>	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>43</b>	<b>16</b>	<b>44</b>	<b>20</b>	<b>83</b>	<b>10</b>	<b>45</b>	<b>11</b>	<b>61</b>
c)	3	5	1	4	1	2	3	12	0	0	1	3	1	4	0	0	1	6
d)	18	31	13	48	11	19	6	25	4	22	9	25	0	0	7	32	4	22
<b>K</b>	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>26</b>	<b>96</b>	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	<b>98</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

*K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Õige vastuse tuvastusläve ei ületanud vaid 8. ja 9. klasside õpilaste poolt antud vastused. Levinud väärarusaamu esines 8. klassis kaks, vastusevariant d) (31%) ja a) (45%), 9. klassis üks levinud väärarusaam ja selleks on variant a) (48%).

## 6. Kui vesi keeb potis, siis on näha poti kaane vahelt tõusmas

- a) veeauru;
- b) udu;
- c) udu ja veeauru;
- d) hapnikku.

**Tabel 9.** Vastuste jaotumine 6. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant *c) udu*

	Vastajad																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK2 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
a)	51	88	27	100	53	91	24	100	18	100	30	83	14	58	19	86	16	89
<b>b)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
c)	6	10	0	0	3	5	0	0	0	0	2	6	1	4	2	9	2	11
d)	1	2	0	0	1	2	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
<b>K</b>	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>36</b>	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

*K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

<sup>1</sup> – TÕ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÕ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Nagu öeldud, on loetud antud küsimuse juures õigeks vastuseks varianti c), mille kohaselt tõuseb vett keetes poti kaane vahelt udu. Tabelist nähtub, et vaid ühe grupi puhul (TÕ Füüsikainstituudi üliõpilased) ületab õige vastuse protsent tuvastusläve (38%). Ühtegi õiget vastust antud küsimusele ei andnud 8., 11.,12. klassi õpilased ega ka täiskasvanud, kel õppimisest möödab enam kui 5 aastat.

Kõige suuremaks väärarusaamaks osutus vastusevariant a), mille kohaselt tõuseb vett keetes poti kaane vahelt veeauru.

## 7. Molekulid, millest koosnevad jää ja vesi

- a) erinevad teineteisest oma ehituse poolest;
- b) erinevad teineteisest oma massi poolest;
- c) ei erine teineteisest;
- d) erinevad teineteisest ruumala poolest.

**Tabel 10.** Vastuste jaotumine 7. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant *c) ei erine teineteisest.*

	Vastajad																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK1 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
a)	24	41	10	37	16	28	13	54	8	44	10	27	2	8	3	13	5	28
b)	9	16	4	15	5	9	3	12	3	17	2	6	1	4	3	14	0	0
<b>c)</b>	<b>17</b>	<b>29</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>28</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>67</b>	<b>10</b>	<b>46</b>	<b>7</b>	<b>39</b>
d)	6	10	6	22	23	40	5	21	2	11	15	42	5	21	6	27	6	33
K	56	96	25	93	55	96	24	100	18	100	34	94	24	100	22	100	18	100

*K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Tabelist 10 nähtub, et õige vastuse tuvastusläve ületasid vaid TÜ Füüsikainstituudi üliõpilaste ning ka täiskasvanute poolt antud vastused. Kõige enam valiti vastuseks varianti a), mille kohaselt jää ja vee molekulid erinevad teineteisest oma massi poolest. Tegemist oli levinud väärarusaamaga nii 8., 9., 11. ja ka 12. klassi õpilaste seas, 10. klassi õpilaste ja Haridusteaduste instituudi üliõpilaste seas aga esineb väärarusaam d), mille kohaselt jää ja vee molekulid erinevad teineteisest oma ruumala poolest.

## 8. Jää sulamisprotsessi ajal jää temperatuur

- a) tõuseb pidevalt;
- b) on kogu aeg natuke kõrgem kui 0 °C;
- c) on kogu aeg 0 °C;
- d) langeb pidevalt.

**Tabel 11.** Vastuste jaotumine 8. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant *c) on kogu aeg 0 °C.*

	Vastajad																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK2 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
a)	15	26	5	18	14	24	5	21	3	17	14	39	1	4	0	0	2	11
b)	15	26	4	15	20	35	12	50	5	28	5	14	2	8	7	32	7	39
<b>c)</b>	<b>24</b>	<b>41</b>	<b>17</b>	<b>63</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>55</b>	<b>12</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>79</b>	<b>13</b>	<b>59</b>	<b>9</b>	<b>50</b>
d)	4	7	1	4	4	7	1	4	0	0	3	8	2	9	2	9	0	0
K	58	100	27	100	54	94	24	100	18	100	34	94	24	100	22	100	18	100

*K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Tabeli 11 põhjal on näha, et õige vastuse tuvastusläve ei ületanud vaid 10. ja 11. klasside õpilaste poolt antud vastused. Nende seas on levinud väärarusaamaks vastusevariant b), mille kohaselt on jää sulamisprotsessi ajal jää temperatuur kogu aeg natuke kõrgem kui 0 °C. Samasugune väärarusaam esineb ka täiskasvanute hulgas, kuigi tegemist ei ole levinud väärarusaamaga. Haridusteaduste instituudi üliõpilaste poolt oli enamvalitud vastuseks variant a) (39%), mille kohaselt jää temperatuur sulamise ajal tõuseb pidevalt.

### 9. Taimed saavad energiat

- a) mullast ja veest;
- b) päikesekiirgusest;
- c) päikesekiirgusest, veest ja mineraalainetest;
- d) veest ja mineraalainetest.

**Tabel 12.** Vastuste jaotumine 9. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant *b)* päikesekiirgusest

	Vastajad																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK2 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
a)	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0
<b>b)</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>54</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>22</b>
c)	45	78	24	89	46	79	19	79	15	83	22	61	11	46	18	82	13	72
d)	2	3	1	4	1	2	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	1	6
<b>K</b>	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>56</b>	<b>97</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	<b>97</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

*K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

<sup>1</sup> – TÕ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÕ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödus kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödus rohkem kui 5 aastat.

Õige vastuse tuvastusläve ületasid vaid TÕ Füüsikainstituudi üliõpilaste poolt antud vastused (54%). Kõikide teiste gruppide poolt antud õiged vastuste protsendid jäid allapoole tuvastusläve. Suurimaks ja ühtlasi levinuimaks väärarusaamaks antud küsimuse juures on vastusevariant c), mille kohaselt saavad taimed energiat päikesekiirgusest, veest ja mineraalainetest. Kõige rohkem valisid seda vastust 9. klassi õpilased. TÕ Füüsikainstituudi üliõpilastel esineb samuti antud väärarusaam (46%), ent seda ei saa lugeda levinuks.

### 10. Maa külgetõmbejõud on tingitud

- a) Maa massist;
- b) Maa magnetväljast;
- c) kehade kaalust;
- d) gravitatsioonijõust.

**Tabel 13.** Vastuste jaotumine 10. küsimusele. Õigeks on loetud vastusevariant a) Maa massist

	Vastajad																	
	8.		9.		10.		11.		12.		HT <sup>1</sup>		F <sup>2</sup>		TK1 <sup>3</sup>		TK2 <sup>4</sup>	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
a)	1	2	0	0	11	19	1	4	2	11	5	14	14	58	7	32	6	33
b)	17	29	7	26	9	16	12	50	3	16	6	17	0	0	2	8	4	22
c)	3	5	0	0	7	12	1	4	3	17	2	6	0	0	1	5	1	5
d)	37	64	19	70	30	52	9	38	10	56	21	58	8	33	11	50	7	39
K	58	100	26	96	57	99	23	96	18	100	34	95	22	91	21	95	17	99

K – kokku, 8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Tabelist 13 on näha, et õige vastuse tuvastusläve ületasid vaid TÜ Füüsikainstituudi üliõpilaste (58%) ja täiskasvanute (32% ja 33%) poolt antud vastused. Ainsana ei antud ühtegi õiget vastust 9. klassi vastajate poolt. Enimesinevaks väärarusaamaks antud küsimuse juures on vastusevariant d), mille kohaselt Maa külgetõmbejõud on tingitud gravitatsioonijõust. Ning lisaks sellele esineb 11. klassi vastajate hulgas ka väärarusaam, justkui oleks Maa külgetõmbejõud tingitud Maa magnetväljast.

Töö tulemustega töötades ilmnes märgatav erinevus vastuste vahel, mida olid andud meessoost ja naissoost vastajad. Seetõttu on põgusalt tulemusi kirjeldatud ka lähtuvalt vastajate soost.

**Tabel 14.** Meeste ja naiste poolt antud õiged vastused

Sugu	Õige vastuse valijate koguarv ja protsent																			
	1. a)		2. b)		3. b)		4. a)		5. b)		6. b)		7. c)		8. c)		9. b)		10. a)	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Mees	67	47	25	18	56	40	70	50	82	59	10	7	52	36	74	53	31	22	36	26
Naine	78	54	20	14	40	28	42	28	38	26	4	3	30	21	53	36	26	18	11	8
Kokku	145		45		96		112		120		10				127		57		47	

Tabelist 14 on näha, et kümnest küsimusest üheksale on mehed andnud protsentuaalselt rohkem õigeid vastuseid kui naissoost vastajad. Erandiks on vaid esimene küsimus, kus naiste poolt antud õigete vastuste protsent on meeste poolt antud õigete vastuste protsendist kõrgem .

**Tabel 15.** Meeste ja naiste poolt antud valed vastused

Sugu	Enimvalitud vale vastuse valijate koguarv ja protsent																			
	1. c)		2. c)		3. c)		4. d)		5. d)		6. d)		7. a)		8. b)		9. c)		10. d)	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Mees	63	<b>45</b>	69	49	62	44	42	30	21	15	125	<b>89</b>	40	29	35	25	100	71	64	46
Naine	50	35	73	<b>50</b>	66	<b>46</b>	75	<b>52</b>	51	<b>35</b>	127	88	51	<b>35</b>	42	<b>29</b>	113	<b>78</b>	88	<b>61</b>
Kokku	113		139		128		117		72		252		91		77		213		152	

Tabeli 15 põhjal saab öelda, et kümnest küsimusest kaheksa (1. ja 6. küsimus) puhul on enimvalitud valet vastust valinud protsentuaalselt rohkem naised.

### 3.2. TULEMUSTE ANALÜÜS

Järgnevalt on tutvustatud väärarusaamade erinevaid tuvastamiskriteeriume, esitatud töö tulemuste analüüs ning tulemuste võrdlus nende tööde tulemustega, mida on antud töö küsitluse kokku panekul kasutatud (vt. Sissejuhatus).

#### 3.2.1 Väärarusaama tuvastamiskriteeriumid.

Antud töö ja varasemate tööde tulemused on mõneti erinevad. Neid erinevusi võib põhjustada muuhulgas asjaolu, et erinevates töödes on kasutatud erinevaid väärarusaamade tuvastuslävesid. Järgnevalt on antud ülevaade nii varasemates kui antud töös kasutatud väärarusaamade tuvastamise kriteeriumitest.

Eensaar'e (2002) töös on väärarusaama esinemissagedust hinnatud järgmiselt: kui sagedus on võrdne või suurem kui 50%, võib väita, et oletuslik väärarusaam esineb Eesti õpilastel sagedasti. Kui esinemissagedus on võrdne või suurem kui 25% ja väiksem kui 50%, võib väita, et väärarusaam on harva esinev (Eensaar, 2002). Uurimuses osales kokku 136 õpilast (7.-11. klass) ja üliõpilast, vanuses 14-20 aastat.

Henn'u (2003) töös arvestati väärmõiste tuvastamise alampiiriks 10%. Uurimuses osales 522 inimest (10.- 12. klassi õpilased ja füüsikaõpetajad).

Tõru (2004) töös on väärarusaama esinemissagedust hinnatud samadel alustel kui Eensaare (2002) töös ehk kui vale vastuse esinemissagedus on võrdne või suurem kui 50% kogu vastuste arvust, võib väita, et oletuslik väärarusaam esineb sagedasti. Kui esinemissagedus on võrdne või suurem kui 25% ja väiksem kui 50%, võib väita, et väärarusaam on harva esinev. Uurimuses osales kokku sada 9. klassi õpilast kaheksast koolist üle vabariigi (Tõru, 2004).

Grandiprojekt nr 5321 lõpparuande raames tehtud uurimuses on tuvastuslävi (ingl. k. *detection level*) defineeritud kui  $DL = 100/(n - 1) \%$ , kus  $n$  on antud küsimusele pakutud valikvastuste arv või põhimõtteliselt erinevate vastusetüüpide arv konstrueeritava vastusega ülesannetes. Uurimuses osales 3556 uuritavat, kelleks olid põhikooli- ja gümnaasiumiõpilased, üliõpilased ja füüsikaõpetajad erinevatest koolidest üle Eesti (Voolaid, 2005).

Voltri (2005) töös on vastusevariant loetud väärarusaamaks siis, kui see vastav vastusevarinat moodustas valedest vastustes üle poole ja oli igas vanuserühmas enim valitud vale vastusevariant. Kokku osales uurimuses 352 õpilast 7. – 12. klassist.

Antud töös on väärarusaamaks loetud need vastusevariandid, mille esinemissagedus oli suurem kui  $(100 : n + 5)\%$ , kus  $n$  on vastusevariantide arv (Krikmann jt., 2004), käesolevas töös  $n = 4$ . Kusjuures levinud väärarusaamaks on loetud need vastusevariandid, mis on ületanud õigesti antud vastuste protsendi. Näitamaks, kui palju on väärarusaam tõesest arusaamast rohkem levinud, on kasutatud levinud väärarusaamade ja õigete arusaamade võrdlust, nimelt neile vastavate protsentide suhet  $\eta = \frac{N_v}{(N_o + 1)}$ , kus  $N_v$  on levinud väärarusaama protsent ja  $N_o$  õige arusaama protsent. Murru nimetajasse on 1 lisatud vältimaks absurdset tulemust, kui õiged vastused puuduvad.

Käesolevas uurimuses osales kokku 285 põhikooli-, gümnaasiumi- ja üliõpilast ning täiskasvanud, kellel füüsika õppimisest möödab vähemalt 2 aastat. Kõik uurimuses osalejad (välja arvatud täiskasvanud) õpivad Tartus, põhikooli- ja gümnaasiumiõpilased on Tartu Karlova Gümnaasiumist ja üliõpilased Tartu Ülikoolist (Haridusteaduste instituut ja Füüsikainstituut).

### 3.2.2 Vastuste analüüs

#### 1. Kui raamat lebab liikumatult laual, siis raamatule

- a) mõjub gravitatsioonijõud ja laua elastsusjõud on võrdsed;
- b) mõjub vaid laua elastsusjõud;
- c) mõjub vaid gravitatsioonijõud;
- d) ei mõju ühtki jõudu, sest ta lebab liikumatult.

Õigeks vastusevariandiks on loetud variant a) ning nagu tulemustest selgub, siis kõige enam valitud vale vastus oli variant c), mille kohaselt liikumatult laual lebavale raamatule mõjub vaid gravitatsioonijõud. Antud väärarusaam on ületanud levinud väärarusaama tuvastusläve 9., 10., 11. ja 12. klasside õpilaste vastuste hulgas. Võrreldes antud õige vastuse ja väärarusaama protsente omavahel ( $\eta$ ), selgub, et 9. klassis on  $\eta = 41/33 = 1,2$ ; 10. klassis  $\eta = 50/45 = 1,1$ ; 11. klassis  $\eta = 79/17 = 4,6$ ; 12. klassis  $\eta = 89/11 = 8,1$ . Seega, saab öelda, et 12. klassis on antud väärarusaam kõige enam levinud. Üliõpilastel taolist väärarusaama ei esine, küll aga esineb täiskasvanutel, ent seda ei saa lugeda levinud väärarusaamaks.

Eensaar (2002) on leidnud oma töös, et väärarusaamaks on vastusevariant c) (kehale mõjub vaid gravitatsioonijõud). Samuti on leitud, et haridustaseme kasvuga kasvab ka õpilaste arusaam, et liikumatult lebavale kehale mõjub gravitatsioonijõud ning pinna elastsusjõud, millel keha asetseb (Eensaar, 2002).

Antud töö tulemuste põhjal ei ole võimalik leida seaduspära, et õige arusaama esinemine kasvab haridustaseme tõusuga.

## **2. Kui pall veereb ühtlase kiirusega ja sirgjooneliselt, siis pallile**

- a) mõjuvad jõud on kõik võrdsed;
- b) mõjuvate jõudude summa on null;
- c) mõjub liikumise suunas jõud, et säilitada ühtlast kiirust;
- d) ei mõju ühtki jõudu.

Õigeks vastuseks 2. küsimuse puhul on loetud varianti b). Enimvalitud vastuseks osutus variant c), kõikides gruppides ületas antud väärarusaam tuvastusläve (30%). Levinuks saab antud väärarusaama lugeda kõikides gruppides peale TÜ Füüsikainstituudi üliõpilaste. Kõige enam valiti seda 12. klassi õpilaste poolt (78%) ja kõige vähem 10. klassi õpilaste poolt (31%). Kõige levinum on väärarusaam 11. klassis ( $\eta = 67/4 = 16,8$ ) ja 12. klassis ( $\eta = 78/1 = 78$ ), vähem 10. klassis ( $\eta = 38/26 = 1,7$ ). Antud küsimuse puhul esines ka teine väärarusaam ja selleks oli variant a) ning see esines 8., 9. ja 10. klasside õpilaste hulgas, olles 8. klassis kõige levinum.

Varem on uurinud väärarusaamade esinemist antud küsimuse puhul Eensaar (2002), kes on leidnud, et esineb väärarusaam a) kõik kehale mõjuvad jõud on võrdsed.

Antud töö tulemuste tabeli põhjal on näha, et väärarusaam c) esineb kõikides gruppides, olenemata vanusest ja/või õpimahust.

### 3. Kui paat ujub vees, siis

- a) paadile mõjuv üleslükkejõud on väiksem kui paadi raskusjõud;
- b) paadile mõjuvad raskusjõud ja üleslükkejõud on võrdsed;
- c) paadile mõjuv üleslükkejõud on suurem kui paadi raskusjõud, sest paat püsib juveepinnal;
- d) ükski eelnev väide ei ole õige, sest üleslükkejõud mõjub vaid kehale, mis on täielikult vedelikku sukeldatud.

Õigeks vastuseks on loetud variant b). Kõige enam valitud vale vastus oli c), mis oli ühtlasi ka levinud väärarusaam kõikides klassides/gruppides, välja arvatud TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased ja täiskasvanud, kel õppimisest möödab enam kui 5 aastat. Kõige enam levinud oli antud väärarusaam 9. klassi õpilaste ( $\eta = 6,2$ ) ja kõige vähem levinud täiskasvanute hulgas, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat ( $\eta = 1,1$ ).

**\*Tabel 16.** Enimvalitud väärarusaama (c) ja õige arusaama (a) suhe  $\eta$  3. küsimuse puhul (vastajate hulgas, kelle hulgas vastusevariant c) on levinud väärarusaam

$\eta$ 3. küsimuse puhul						
8.	9.	10.	11.	12.	HT <sup>1</sup>	TK1 <sup>2</sup>
1,7	6,2	1,0	1,5	2,9	2	1,1

8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased

<sup>2</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat

\* Taolised tabelid on esitatud vaid nende küsimuste juures, kus on üks väärarusaam, mis esineb rohkem kui kahel grupil/rühmal.

Grandiprojekt nr 5321 raames tehtud uurimuses uuriti samuti antud küsimuse juures esinevaid väärarusaamu. Ilmnes, et väärarusaam (vastusevariant c), mille kohaselt vees ujuvale paadile mõjuv üleslükkejõud on suurem kui paadi raskusjõud, esines nii põhikooli- kui ka gümnaasiumiõpilaste seas, ent mitte üliõpilaste seas (Voolaid, 2005).

Ka Eensaar (2002) jõuab oma töös tulemuseni, et väärarusaamaks antud küsimuse puhul on variant c, tehes oma töös järelduse, et õpilastel esineb väärarusaamu Archimedese seaduse (vedeliku pinnal ujuvale kehale mõjuv raskusjõud ja üleslükkejõud on arvuliselt võrdsed) mõistmisel. Ühtlasi kirjutab ta, et haridustaseme kasvades kaob väärarusaam, et vedelikus ujuvale kehale mõjuv raskusjõud on suurem kui üleslükkejõud (Eensaar, 2002).

Antud töös saadud tulemustest selgub, et väärarusaam (vastusevariant c) esineb nii põhikooli-, kui gümnaasiumiõpilastel, üliõpilastel ja ka täiskasvanutel.

#### 4. Kui telliskivi asetseb liikumatult 1 meetri kõrgusel laual, siis

- a) telliskivi omab potentsiaalset energiat;
- b) telliskivi omab kineetilist energiat;
- c) kivil puudub igasugune energia, kuna ta püsib liikumatult;
- d) kivi tõstmisel lauale on tehtud tööd, kuid kivil endal puudub energia, kuna kivi ei ole töötav mehhanism.

Õigeks on loetud vastusevariant a). Levinuim vastusevariant antud küsimuse juures on variant d), olles 8.-12. klasside õpilaste hulgas levinud väärarusaam ja täiskasvanute hulgas, kel füüsika õppimisest möödab enam kui 5 aastat, harvemini esinev väärarusaam. Üliõpilastel ja täiskasvanutel, kel õppimisest möödab kuni 5 aastat taolist väärarusaama ei esinenud.

**Tabel 17.** Enimvalitud väärarusaama (d) ja õige arusaama (a) suhe  $\eta$  4. küsimuse puhul (vastajate hulgas, kelle hulgas vastusevariant d) on levinud väärarusaam

$\eta$ 4. küsimuse puhul				
8. klass	9. klass	10.klass	11.klass	12.klass
2,7	2,3	3,4	1,2	1,3

*8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased*

Samasuguse tulemuseni jõuti ka Grandiprojekt nr 5321 raames tehtud uurimuses: antud väärarusaam (vastusevariant d) esines nii põhikooli- kui gümnaasiumiõpilaste hulgas, üliõpilaste seas antud väärarusaama ei tuvastatud (Voolaid, 2005).

Tulemuseni, et arusaam, justkui ei omaks kivi energiat, kuna tegemist ei ole töötava mehhanismiga (variant d), on väärarusaam, on jõudnud oma töös ka Eensaar (2002).

Antud töös esineb väärarusaam vaid põhikooli- ja gümnaasiumiõpilaste (8., 9., 10., 11. ja 12. klass) hulgas, üliõpilaste ja täiskasvanute poolt antud vastustest nimetatud väärarusaam välja ei tulnud. Seega ei saa antud tulemuste põhjal väita, et väärarusaam esineb olenemata vanusest.

#### 5. Kui lasta kehal langeda vabalt õhutakistust arvestamata 40 m kõrguselt, siis poole maa läbimiseks (20m) kulub aega 2 sekundit ja ülejäänud läbimiseks

- a) sama palju aega st 2 sek, sest ülejäänud maa on sama pikk;
- b) vähem aega;
- c) rohkem aega;
- d) kuna pole teada keha massi, ei saa otsustada, kui kaua keha langeb.

Viienda küsimuse puhul on õigeks vastuseks loetud vastusevariant b). Vaid 8. ja 9. klassi õpilaste poolt antud vastused ei ületanud õige vastuse tuvastusläve, neil esines väärarusaam, mida saab ühtlasi lugeda ka levinuks ja milleks oli variant d) (8. klass 31% ja 9. klass 48%). Lisaks esines 8. klassis ka teine levinud väärarusaam, milleks oli variant a) (45%).

Voltri (2005) on oma uurimustöös leidnud, et levinuim väärarusaam on antud küsimuse ja vastustevariantide juures a). Arvatakse, et vabalangemisel läbib keha kõik läbitavad lõigud sama ajaga ehk vabalangemisel on tegemist ühtlase liikumisega (Voltri, 2005).

Seega antud küsimuse juures on väga keeruline rääkida väärarusaam püsivusest, kuna väärarusaamad esinevad vaid 8. ja 9. klassi õpilastel ning täiskasvanutel, kel õppimisest möödab kuni 5 aastat (32%).

## 6. Kui vesi keeb potis, siis on näha poti kaane vahelt tõusmas

- a) veeauru;
- b) udu;
- c) udu ja veeauru;
- d) hapnikku.

Antud küsimuse juures anti õigeid vastuseid (variant c) minimaalselt. Kõige enam õigeid vastuseid andsid TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased (38%). Teistes gruppides oli enamvalitud vastusevariandiks ja ühtlasi levinud väärarusaamaks kõikide gruppide hulgas variant a). Võrreldes väärarusaama ja õige arusaama suhet, selgub, et kõige levinum on taoline arusaam 11. ja 12. klassi õpilaste hulgas ( $\eta = 100/1 = 100$ ).

Õigete vastuste vähene arv antud küsimuse korral võib tuleneda sellest, et tavakeeles ei kasutata auru ja udu mõisteid alati korrektselt. Selguse mõttes on toodud nende mõistete seletus vastavalt Eesti Entsüklopeedia märksõnadele. *Aur on aine gaasilises olekus, aga allpool kriitilist temperatuuri (vee korral on selleks temperatuuriks) 370 °C. Gaas omakorda koosneb isoleeritud molekulidest, mida silmaga ei näe. Potist väljuvat auru me aga näeme, sest see on kondenseerunud piisakesteks. Kondenseerunud auru piisakesi nimetatakse aga uduks* (Eesti Entsüklopeedia, 2003).

**Tabel 18.** Enimvalitud väärarusaama (a) ja õige arusaama (b) suhe  $\eta$  6. küsimuse puhul (vastajate hulgas, kelle hulgas vastusevariant b) on levinud väärarusaam).

$\eta$ 6. küsimuse puhul							
9. kl	10. kl	11. kl	12. kl	HT <sup>1</sup>	F <sup>2</sup>	TK1 <sup>3</sup>	TK2 <sup>4</sup>
10	30	100	100	9,2	1,5	14	89

8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased

<sup>1</sup> - TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> - Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> - Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Grandiprojekt nr 5321 (2005) raames tehtud uurimuses leiti samuti, et vastusevariant a) on väärarusaam ning esineb põhikooli õpilastel ja üliõpilastel. Gümnaasiumiõpilastel väärarusaama selle küsimuse juures ei tuvastatud (Voolaid, 2005). Ka Tõru (2004) on jõudnud oma töös tulemuseni, et antud küsimuse puhul õigeid vastuseid ei antud ja enim pakutud vastuseks oli veeaur (92% kõikidest vastustest). Ühtlasi leiti ka, et antud väärarusaama põhjuseks peetakse õpetajat, kes ilmselt ei pööra piisavalt tähelepanu selgitustele ja mõistete 'veeaur' ja 'udu' lahtiseletamisele (Tõru, 2004).

Antud töö raames kogutud andmetest on näha, et vastusevariant a) esineb väärarusaamana kõikides vastajate gruppides ja seega olenemata vanusest.

## 7. Molekulid, millest koosnevad jää ja vesi

- erinevad teineteisest oma ehituse poolest;
- erinevad teineteisest oma massi poolest;
- ei erine teineteisest;
- erinevad teineteisest ruumala poolest.

Õigeks on antud küsimuse juures loetud vastusevariant c). Antud küsimuse juures esines 2 vastusevarianti, mida saab lugeda levinud väärarusaamaks: 8., 9., 11. ja 12. klassi õpilaste hulgas variant a) ning 10. klassi õpilaste ja Haridusteaduste instituudi üliõpilaste seas variant d). Viimati nimetatud variant esines ka täiskasvanute hulgas, kes füüsika õppimisest möödab enam kui 5 aastat, ent see ei ületanud levinud väärarusaama tuvastusläve.

Tõru (2004) on leidnud oma töös, et enimesinenud vale vastus oli d) variant (35% kõikidest valedest vastustest).

Tulemuste põhjal võib öelda, et väärarusaama valiti üliõpilaste ja täiskasvanute poolt vähem kui põhikooli- ja gümnaasiumiõpilaste poolt.

### 8. Jää sulamisprotsessi ajal jää temperatuur

- a) tõuseb pidevalt;
- b) on kogu aeg natuke kõrgem kui  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- c) on kogu aeg  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- d) langeb pidevalt.

Kaheksanda küsimuse puhul ei ületanud õige vastuse tuvastusläve vaid 10. ja 11. klassi õpilaste poolt antud vastused, jäädes alla 30%. Vastusevariant a) ületas väärarusaama tuvastusläve vaid Haridusteaduste instituudi üliõpilaste hulgas (39%). Teine väärarusaam oli variant b) ning see esines 10. ja 11. klassi õpilaste ja täiskasvanute hulgas, osutudes levinud väärarusaamaks 10. ja 11. klassi õpilaste hulgas.

Tõru (2004) ja Voolaid (2005) on jõudnud tulemuseni, et antud küsimuse juures on olnud enimesinenud valeks vastuseks a) variant.

Tulemustabelit vaadates on näha, et vaid põhikooli õpilaste hulgas (8. ja 9. klass) ning TÜ Füüsikainstituudi üliõpilaste hulgas ei esine väärarusaamu antud küsimuse puhul. Seega, kõikides gruppides ei esine väärarusaamu ning ei saa rääkida ühe kindla väärarusaama püsivusest.

### 9. Taimed saavad energiat

- a) mullast ja veest;
- b) päikese kiirgusest;
- c) päikese kiirgusest, veest ja mineraalainetest;
- d) veest ja mineraalainetest.

TÜ Füüsikainstituudi üliõpilaste antud vastused (54%) ületasid ainsana õige vastuse tuvastusläve. Õigeks vastuseks on loetud variant b). Kõikide teiste gruppide õiged vastused jäid allapoole tuvastusläve. Väärarusaamaks antud küsimuse juures on vastusevariant c), olles valitud kõikide vastajate poolt olenemata vanusest.

Võrreldes iga grupi poolt antud väärarusaam ja õige arusaam suhet  $\eta$ , selgub, et 9. klassi õpilaste hulgas on antud väärarusaam kõige enam levinud.

**Tabel 19.** Enimvalitud väärarusaama (c) ja õige arusaama (b) suhe  $\eta$  9. küsimuse puhul (vastajate hulgas, kelle hulgas vastusevariant c) on levinud väärarusaam).

$\eta$ 9 küsimuse puhul							
8. kl	9. kl	10. kl	11. kl	12. kl	HT <sup>1</sup>	TK1 <sup>3</sup>	TK2 <sup>4</sup>
5,2	11	4,6	3,6	4,6	2,3	4,3	3,1

8...12. - üldhariduskooli vastava klassi õpilased

<sup>1</sup> - TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> - TÜ Füüsikainstituudi üliõpilased

<sup>3</sup> - Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> - Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

Õpilaste võimalik mõttekäik võib olla, et inimene sööb ja saab sellest energiat, taimedel on samamoodi, kõik eluks vajalikud ained ongi energiaallikad, seega saavad taimed energiat nii päikesekiirgusest, veest kui ka mineraalainetest. Väärarusaama muutmiseks tuleks alustada selgitustest, et vajalikud ained (vesi, süsihappegaas) on need, mis tagavad taime kasvu, kuid energia tuleb siiski vaid Päikeselt (Henn, 2003).

Henn (2003) töös on samuti väärarusaamaks variant c) (üle poolte küsitletutest arvab nii), samuti mainitakse töös, et arusaam ei muutu vanuse muutudes.

Ka antud töö tulemuste põhjal saab öelda, et väärarusaam c) esineb kõikides gruppides, olenemata vanusest.

## 10. Maa küljetõmbejõud on tingitud

- Maa massist;
- Maa magnetväljast;
- kehade kaalust;
- gravitatsioonijõust.

Õigeks on loetud vastusevariant a). Väärarusaamaks antud küsimuse puhul on vastusevariant d) ning seda kõikide gruppide hulgas, olenemata vanusest. Kusjuures õige arusaama ja väärarusaama suhte  $\eta$  põhjal võib öelda, et levinuim on see põhikooli õpilaste hulgas (8. klassis  $\eta = 21$  ja 9. klassis  $\eta = 70$ ). Lisaks eelpool mainitud väärarusaamale, esines 11. klassi vastajate hulgas lisaks veel teine levinud väärarusaam (variant b), justkui oleks Maa küljetõmbejõud tingitud Maa magnetväljast.

Grandiprojekt nr 5321 (2005) raames tehtud uurimuses oli väärarusaamaks vastusevariant b) ja seda nii gümnaasiumiõpilaste kui ka üliõpilaste hulgas.

Tulemuste põhjal saab väita, et antud väärarusaam esineb kõikides gruppides olenemata vanusest ja/või füüsika õppimise mahust.

**Tabel 20.** Enimvalitud väärarusaama (d) ja õige arusaama (a) suhe  $\eta$  10. küsimuse puhul (vastajate hulgas, kelle hulgas vastusevariant c) on levinim väärarusaam).

$\eta$ 10. küsimuse puhul						
8. kl	9. kl	10. kl	12. kl	HT <sup>1</sup>	TK1 <sup>2</sup>	TK2 <sup>3</sup>
21	70	2,6	4,7	3,9	1,5	1,1

8, 9, 10, 12 - üldhariduskooli vastava klassi õpilased

<sup>1</sup> – TÜ Haridusteaduste instituudi 1. aasta üliõpilased <sup>2</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab kuni 5 aastat <sup>4</sup> – Täiskasvanud, kel füüsika õppimisest möödab rohkem kui 5 aastat.

### 3.2.3 Meeste ja naiste tulemuste erinevus

Meeste ja naiste vastuste vaheline erinevus võib olla muuhulgas tingitud asjaolust, et mehed mõtlevad deduktiivselt ja naised induktiivselt.

Induktiivse mõtlemise puhul liigutakse üksikvaatluselt ja faktidelt mingile järeldusele (näiteks kõigil inimestel, keda olete kohanud, on hingamisvõime, järelikult on see võime omane inimestele üldse). Deduktiivse mõtlemise puhul alustatakse teatud-tuntud tõdedest ja tehakse järeldus üksikjuhu kohta (nt valetaval isikul muutub alajäsemete dünaamika → see isik seisab selgitusi andes 'maassekaevunud' jalgadega → järelikult võib see isik valetada) (Bachmann & Maruste, 2001). Mehed on kontseptsioonide loomisel deduktiivsed, lähtudes üldpõhimõtetest ja kohaldades seda üksikjuhtudele. Meeste deduktiivne mõtlemine on kiirem kui naistel ja see on tavaliselt nende eeliseks valikvastustega testide puhul. Samuti on meeste eelis valikvastustega testide puhul visuaalne mälu ja võime teha kiireid ja deduktiivseid otsuseid. Naised mõtlevad induktiivselt ja vajavad otsuse tegemiseks sageli põhjalikumalt infot. Mehed suudavad naistest paremini mõelda asjadele ilma neid nägemata või puudutamata. Naised alustavad konkreetsete näidetega, loovad üldise teooria ja lisavad sinna mõisteid. neile on lihtne õpetada konkreetseid mõisteid, eriti seoses suulise ja kirjaliku eneseväljendusega. Näidete toomine on naistel alati lihtsam kui meestel (Gurian & Ballew, 2004).

Gurian (2004) pakub välja, et just taolise lõhe vähendamiseks tuleks kasutada meestele sobivamate valikvastustega küsimustele lisaks vabavastustega küsimusi, sest just neis on naised tugevamad.

### 3.2.4 Kokkuvõtte tulemustest

Töö hüpoteesi kohaselt esineb väärarusaamu, mis ei sõltu füüsikaõppe kestusest või selle mahust. Antud hüpotees on leidnud töös ka kinnitust. Ilmnes, et töös käsitletud kümnest küsimusest poolte küsimuste puhul esines väärarusaamu ja seda kõikides vanusegruppides (2.,

3., 6., 9. ja 10. küsimus). Samuti oli küsimusi, mille puhul ilmnis enam kui üks levinud väärarusaam (2. küsimus, kus 8., 9. ja 10. klassi õpilaste hulgas esines kaks levinud väärarusaama). Uurimuse käigus ilmnis, et võrreldes kõikide teiste vastajatega, oli Füüsikainstituudi üliõpilaste väärarusaamade tase oluliselt madalam: kümnest kuue küsimuse (küsimused 1, 3, 4, 5, 7 ja 8) puhul ei tuvastatud neil väärarusaamu.

Võrreldes iga küsimuse puhul keskmisi  $\eta$  väärtusi üle kõigi vastajate rühmade on koostatud levinuimate väärarusaamade pingerida.

**Tabel 21.** Levinuimad väärarusaamad keskmise  $\eta$  alusel

Keskmine $\eta$	Küsimuse number.	Vastusevariant
49,4	6.	a)
15,4	2.	c)
14,1	10.	d)
4,6	9.	c)
3,5	1.	c)

Järgnevalt on esitatud kõik tabelis 21 nimetatud viis küsimust seal esinenud järjekorras:

**6. Kui vesi keeb potis, siis on näha poti kaane vahelt tõusmas**

- a) veeauru;
- b) udu;
- c) udu ja veeauru;
- d) hapnikku.

**2. Kui pall veereb ühtlase kiirusega ja sirgjooneliselt, siis pallile**

- a) mõjuvad jõud on kõik võrdsed;
- b) mõjuvate jõudude summa on null
- c) mõjub liikumise suunas jõud, et säilitada ühtlast kiirust:
- d) ei mõju ühtki jõudu.

**10. Maa külgetõmbejõud on tingitud**

- a) Maa massist;
- b) Maa magnetväljast;
- c) kehade kaalust;
- d) gravitatsioonijõust.

**9. Taimed saavad energiat**

- a) mullast ja veest;
- b) päikesekiirgusest;
- c) päikesekiirgusest, veest ja mineraalainetest;
- d) veest ja mineraalainetest.

**1. Kui raamat lebab liikumatult laual, siis raamatule**

- a) mõjuv gravitatsioonijõud ja laua elastsusjõud on võrdsed;
- b) mõjub vaid laua elastsusjõud;
- c) mõjub vaid gravitatsioonijõud;
- d) ei mõju ühtki jõudu, sest ta lebab liikumatult.

Ilmnes, et töö käigus saadud tulemused erinesid mõneti varasemate tööde tulemustest, see võib olla tingitud erinevate tööde väärarusaamade tuvastamise kriteeriumitest (vt. 2.1 Väärarusaamade tuvastamiskriteeriumid).

Naiste ja meeste vastuste võrdlusest ilmnes asjaolu, et mehed andsid üldkokkuvõttes rohkem õigeid vastused kui naised (erandiks vaid 1. küsimus). Töö tulemused kinnitavad seisukohta, et tunni planeerimisel ja läbiviimisel on kindlasti oluline arvestada ka õpilaste soost ja mõtlemisstiilist tingitud erinevusi, sest vaid nii on võimalik aidata kõikidel õpilastel õppeprotsessist maksimaalselt kasu saada.

## KOKKUVÕTE

Antud magistritöös Füüsikaliste väärarusaamade püsivus on uuritud väärarusaamade esinemist erinevates vanusegruppides, eesmärgiga välja selgitada, kas väärarusaamade esinemine muutub sõltuvalt füüsikaõppe kestusest. Selleks koostati kümnest küsimusest koosnev valikvastustega test, kus igale küsimusele oli antud neli vastusevarianti. Vastamisel tuli valida kõige õigemana tunduv variant. Testi koostamisel oli aluseks võetud varasemates töödes uuritud väärarusaamad füüsikas. Antud testi valiti varasematest töödest sellised küsimused, mille puhul juba oli välja selgitatud väärarusaama esinemine. Küsitlus on läbi viidud Tartu Karlova Gümnaasiumi 8. – 12. klasside õpilaste, TÜ Haridusteaduste instituudi ja Füüsikainstituudi üliõpilaste ning täiskasvanud elanikkonna hulgas.

Töö hüpoteesi kohaselt esineb väärarusaamu, mis ei sõltu füüsikaõppe kestusest. Antud hüpotees leidis ka kinnitust. Väärarusaamad, mis esinevad kõikides vanusegruppides (8., 9., 10., 11., 12. klasside õpilaste, üliõpilaste ja ka täiskasvanute hulgas) olenemata vanusest ja/või füüsika õppimise kestusest on järgnevad:

- Ühtlase kiirusega sirgjoonelisel veerevale pallile mõjub ühtlase kiiruse säilitamiseks liikumise suunas jõud (küsimus 2);
- Veepaadile mõjuv üleslükkejõud on suurem paadi raskusjõust (küsimus 3);
- Kui potis keeb vesi, siis poti kaane vahelt tõuseb veeauru (küsimus 6);
- Taimed saavad energiat päikese kiirgusest, veest ja mineraalainetest (küsimus 9);
- Maa külgetõmbejõud on tingitud gravitatsioonijõust (küsimus 10).

Töö käigus saadud andmete töötlemisel on leitud ka, et meeste ja naiste poolt antud vastustes ilmnesid erinevused: mehed valisid õigeid vastuseid rohkem kui naised. Töö tulemused kinnitavad seisukohta, et füüsika tunni planeerimisel ja läbiviimisel on oluline arvestada ka õpilaste soost ja mõtlemisstiilist tingitud erinevusi, sest vaid nii on võimalik aidata kõikidel õpilastel õppeprotsessist maksimaalselt kasu saada.

Kuna valimis olnud 8. – 12. klasside õpilased on kõik ühest koolis (Tartu Karlova Gümnaasium) ning valim on ka suhteliselt väike (285 uuritavat), siis antud töös saadud tulemuste ja tehtud järelduste põhjal kaugemaleolevaid üldistusi teha ei saa.

## SUMMARY

### Constancy of Physics Misconceptions

In the Master's thesis 'Constancy of Physics Misconceptions' an occurrence of misconceptions in different age-groups has been studied. It aims at finding out whether the occurrence of misconceptions changes depending on the length of physics teaching. For this purpose a multiple choice test consisting of ten questions and four answers to choose from was conducted. When taking the test one had to choose the answer that seemed to be the right one. The test is based on the misconceptions in physics studied in previous thesis. In case of the questions chosen for the test, the occurrence of misconceptions had already been identified. The test was conducted at Tartu Karlova Gymnasium among the pupils in Forms 8 to 12, among the students from Institute of Physics and Institute of Education, University of Tartuensis, and among adults.

According to the hypothesis of the thesis there are some misconceptions that doesn't depend on the length of physics teaching. The hypothesis was confirmed. The misconceptions that occur in all age-groups, regardless of age and/or length of physics teaching are the following:

- To maintain the steady speed the ball that is moving rectilinearly with steady speed is effected by the force towards the movement (question 2);
- The buoyancy force acting upon the boat floating in the water is bigger than the force of gravity of the boat (question 3);
- When the water is boiling in the pot, then water vapour is rising between the pot and the lid (question 6);
- Plants get energy from the radiation of the sun, water and the minerals (question 9);
- The Earth's force of gravity is caused by gravitation (question 10).

In the process of analysing the data it was found out that there were some differences between the answers given by women and men: men chose more right answers than women. The results confirm the point of view that while planning and giving the physics lesson it is essential to take into consideration the differences caused by pupil's age and the way of thinking, because this is the only possible way to help all the pupils gain the maximum benefit from the learning process. Whilst the pupils in the sample are all from the same school (Tartu Karlova Gymnasium) and the sample is relatively small (285 pupils), then on the grounds of the results and conclusions extensive generalisations cannot be made.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Bachmann, T., Maruste, R. (2001). *Psühholoogia alused*. Illo Print, 180
2. Champagne, A.B., Klopfer, L.E, Anderson, J.H. (1979). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074-1079
3. Duit, R., Treagust, D.F. (1995). Students' Conceptions and Constructivist Teaching Approaches in Improving Science Education, (eds) Fraser, B.J., Wahlberg, H.J. *The National Society for the Study of Education*, 53. The University of Chicago Press: Chicago, Illinois
4. Eensaar, T. (2002). *Väärarusaamad mehaanikas*. TÜ
5. Eesti Entsüklopeedia (2003). Eesti Entsüklopeediakirjastus
6. Eesti keele seletav sõnaraamat: Töö. Külastatud 26. mai, 2010, aadressil <http://www.eki.ee/dict/ekss/index.cgi?Q=t%C3%B6&F=M>
7. Exupery, A. de D. (1999). *Sõnad kui taevatähed*. Tallinn: Logos, 45
8. Gabel, D. (2005). Enhancing Students' Conceptual Understanding of Chemistry through Integrating the Macroscopic, Particle, and Symbolic Representations of Matter. *Chemists' Guide of Effective Teaching*. USA: Pearson Prentice Hall, 77-88
9. Ganina, S. (2003) Лженаучные понятия в курсе физики основной школы
10. Ganina, S., Voolaid, H. (2005). Füüsikaõppe motivatsioon ja efektiivsus. *Õpetajate Leht*, 8
11. Garnett, P.J., Garnett, P.J., Hackling, M.W. (1995). Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Researching and Implications for Teaching and Learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-96
12. Gunstone, R., White, R. (2000). Goals, methods and achievements of research in science education. *Improving Science Education: the contribution of research*, (eds) Millar, R., Leach, J., Osborne, J. Philadelphia: Open University Press
13. Gurian, M., Ballew, A.C. (2004). *Poisid ja tüdrukud õpivad erinevalt*. Haridus ja Teadusministeerium El Paradiso, 2004, 42
14. Henn, R. (2003). *Gümnaasiumiõpilaste väärmõistetest termodünaamikas*. TÜ
15. Hestenes, D. (1996). Modeling Methodology for Physics Teachers. Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education. Arizona State University, Tempe
16. Horton, C. Student Preconceptions and Misconceptions in Chemistry. Külastatud 20. aprill, 2010, aadressil

- <http://www.daisley.net/hellevator/misconceptions/misconceptions.pdf>
17. Kaasik, M.(2002). Sõltuvast õppijast iseseisvaks õppijaks, *Haridus*, 4
  18. Kidron, A. (1999). *122 õpetamistarkust*. Tallinn: Andras&Mondo, 166
  19. Krikmann, O., Susi, J., Voolaid, H. (2004). Dependence on Usage of Physics Misconceptions by Year of Study among Estonian Students. Proceedings of the XXI Annual Symposium of the Finnish Mathematics and Science Education Research Association, Helsinki, 391 – 415
  20. Krull, E. (2000). *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 253
  21. Lemke, J.L. (1990). Talking Science: Language, Learning and Values. Külastatud 02. veebruar, 2010, aadressil  
[http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content\\_storage\\_01/0000019b/80/13/1b/8b.pdf](http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/13/1b/8b.pdf)
  22. Loide, R.-K. (2005, 14. oktoober). Mis on lahti koolifüüsikaga? *Õpetajate Leht*, 36
  23. Maloney, D. P. (1990). Forces as interaction. *The Physics Teacher*, 28, 386-390
  24. Maloney, D., O’Kuma, T.I., Hieggelke, C.J., Heuvelen V.A. (2001). Surveying students conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69, 12-23
  25. Mikk, J., Asser, H. (2001). Probleemõpe kõrgkoolis, *Haridus*, 3
  26. Misconceptions as Barriers to Understanding Science . Science Teaching Reconsidered: A Handbook-4. Külastatud 21.aprill, 2010, aadressil  
[http://books.google.ee/books?id=rzrJvxPI\\_5oC&pg=PA28&lpg=PA28&dq=factual+misconceptions&source=bl&ots=U-BqJRMhlW&sig=nJ4dRNvKF-jPZIJ-svD4-TvtK7k&hl=et&ei=BIzyS-PZI4H2-Qb6qISnDg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=4&ved=0CBcQ6AEwAw#v=onepage&q=factual%20misconceptions&f=false](http://books.google.ee/books?id=rzrJvxPI_5oC&pg=PA28&lpg=PA28&dq=factual+misconceptions&source=bl&ots=U-BqJRMhlW&sig=nJ4dRNvKF-jPZIJ-svD4-TvtK7k&hl=et&ei=BIzyS-PZI4H2-Qb6qISnDg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CBcQ6AEwAw#v=onepage&q=factual%20misconceptions&f=false)
  27. Paju, V. (1994). Õpilaste eelkäsitlused loodusnähtustest. Füüsika õpetamise aktuaalseid küsimusi VII, Haridustöötajate koolituskeskus, Tallinn, 69-82
  28. Peil, I. (2003). *Füüsika X klassile, I osa Mehaanika*. Tallinn: Koolibri
  29. Pärtel, E. (2004). Füüsikaõpe arendab mõtlemist. *Õpetajate Leht*, 8
  30. Pärtel, E. (2006). Emotsionaalseid hinnanguid koolifüüsikale, *Õpetajate Leht*, 9
  31. Pärtel, E., Piirimäe, M. (2000). Konstruktiivõppe rakendamine füüsikas, Konverentsi „Reaalained ja uus õppekava“ materjalid. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 110-117
  32. Reimann, T. (1994). Kaheksanda klassi õpilaste füüsikaalastest eelteadmistest ja

- nende vastavusest õpiku autorite ootustele. Füüsika õpetamise aktuaalseid küsimusi VII, Haridustöötajate koolituskeskus, Tallinn, 18-26
33. Reissaar M. (2003). *Väärarusaamade tekkepõhjused elektriõpetuses*.  
Bakalaureusetöö. TÜ
  34. Reissaar, M. (2002). *Väärarusaamad elektriõpetuses*. Diplomitöö. TÜ
  35. Riche, R. D. Misconceptions in High School Physics. Strategies for Assisting Students Overcome Their Misconceptions in High School Physics. Külastatud 14. märts, 2010, aadressil <http://www.bishops.ntc.nf.ca/rliche/ed6390/paper.html>
  36. Trahv, K.-L. (2000). Millisena näen mina füüsika õppimist, õpetamist...  
Konverentsi „Reaalained ja uus õppekava“ materjalid. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 160-165
  37. Trowbridge, D.E., McDermott, L.C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, 48, 1020-1028
  38. Tõru, H. (2004). *9. klassi väärarusaamad soojusõpetuses ja nende päritolu*.  
Diplomitöö. TÜ
  39. Unt, I. (2000). Õppekirjanduse didaktilisi probleeme, *Haridus*, 3
  40. Voltri, R. (2005). *Väärarusaamad kiiruse ja kiirenduse kohta*. TÜ
  41. Voolaid, H. Füüsika meie ümber (loengukonspekt). Külastatud 04. märts, 2010, aadressil [www.physic.ut.ee/kfk/index.php?page=oppematerjalid](http://www.physic.ut.ee/kfk/index.php?page=oppematerjalid)
  42. Voolaid, H. (1997). Füüsika ainearaamat. Eesti Vabariigi haridusministeerium, Tallinn, 19
  43. Voolaid, H. (2005). Füüsikalised väärkontseptsioonid ja väärkasutused ning nende mõju õpitulemustele. Sihtasutuse Eesti Teadusfond GRANDIPROJEKT nr 5321  
LÕPPARUANNE
  44. Voolaid, H. Koolifüüsika võõrandumine. *Haridus*, 4, 22

## LISAD

**Lisa 1. Küsimustik****Küsimustik**

Käesolev küsimustik koosneb kümnest valikvastustega küsimusest. Vastamisel valige üks Teie arvates kõige õigem vastus, tõmmates sellele ring ümber.

Küsimustik on anonüümne. Antud vastuseid kasutatakse TÜ õpetajakoolituse magistritöö koostamisel. Vastamiseks on aega 15 minutit

Vanus: .....

Sugu: .....

Teaduskond.....

Füüsika õppimisest möödab .... (aastat)

**1. Kui raamat lebab liikumatult laual, siis raamatule**

- a) mõjuv gravitatsioonijõud ja laua elastsusjõud on võrdsed;
- b) mõjub vaid laua elastsusjõud;
- c) mõjub vaid gravitatsioonijõud;
- d) ei mõju ühtki jõudu, sest ta lebab liikumatult.

**2. Kui pall veereb ühtlase kiirusega ja sirgjooneliselt, siis pallile**

- a) mõjuvad jõud on kõik võrdsed;
- b) mõjuvate jõudude summa on null
- c) mõjub liikumise suunas jõud, et säilitada ühtlast kiirust;
- d) ei mõju ühtki jõudu.

**3. Kui paat ujub vees, siis**

- a) paadile mõjuv üleslükkejõud on väiksem kui paadi raskusjõud;
- b) paadile mõjuvad raskusjõud ja üleslükkejõud on võrdsed;
- c) paadile mõjuv üleslükkejõud on suurem kui paadi raskusjõud, sest paat püsib ju veepinnal;
- d) ükski eelnev väide ei ole õige, sest üleslükkejõud mõjub vaid kehale, mis on täielikult vedelikku sukeldatud.

**4. Kui telliskivi asetseb liikumatult 1 meetri kõrgusel laual, siis**

- a) telliskivi omab potentsiaalset energiat;
- b) telliskivi omab kineetilist energiat;
- c) kivil puudub igasugune energia, kuna ta püsib liikumatult;
- d) kivi tõstmisel lauale on tehtud tööd, kuid kivil endal puudub energia, kuna kivi ei ole töötav mehhanism.

**5. Kui lasta kehal langeda vabalt õhutakistust arvestamata 40 m kõrguselt, siis poole maa läbimiseks (20m) kulub aega 2 sekundit ja ülejäänud läbimiseks**

- a) sama palju aega st 2 sek, sest ülejäänud maa on sama pikk;
- b) vähem aega;
- c) rohkem aega;
- d) kuna pole teada keha massi, ei saa otsustada, kui kaua keha langeb.

**6. Kui vesi keeb potis, siis on näha poti kaane vahelt tõusmas**

- a) veeauru;
- b) udu;
- c) udu ja veeauru;
- d) hapnikku.

**7. Molekulid, millest koosnevad jää ja vesi**

- a) erinevad teineteisest oma ehituse poolest;
- b) erinevad teineteisest oma massi poolest;
- c) ei erine teineteisest;
- d) erinevad teineteisest ruumala poolest.

**8. Jää sulamisprotsessi ajal jää temperatuur**

- a) tõuseb pidevalt;
- b) on kogu aeg natuke kõrgem kui 0 °C;
- c) on kogu aeg 0 °C;
- d) langeb pidevalt.

**9. Taimed saavad energiat**

- a) mullast ja veest;
- b) päikesekiirgusest;
- c) päikesekiirgusest, veest ja mineraalainetest;
- d) veest ja mineraalainetest.

**10. Maa külgetõmbejõud on tingitud**

- a) Maa massist;
- b) Maa magnetväljast;
- c) kehade kaalust;
- d) gravitatsioonijõust.