

**Tartu Ülikool**

**Loodus- ja täppisteaduste valdkond**

**Füüsika instituut**

**Koolifüüsika keskus**

**Geil Siim**

**Õpilaste matemaatilised oskused füüsikas**

**Magistritöö (30 EAP)**

**Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja**

**Juhendaja:**

**PhD Svetlana Ganina**

**Tartu 2016**



**Magistritöö lühikokkuvõte**  
**Geil Siim Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja**  
**Õpilaste matemaatilised oskused füüsikas**

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on selgitada välja, millisel määral 8. ja 11. klassi õpilased on omandanud füüsikas vajaminevad elementaarsed matemaatilised pädevused, mida eeldab riiklik õppekava. Töö raames viidi 2014. ja 2015. aastal läbi test füüsika ja matemaatika ülesannete lahendamiseks. Kontrolliti kahe, peamiselt koolifüüsikas kõige problemaatilisema pädevuse, mõõtühikute teisendamise ja valemite avaldamise, oskust.

Test koosnes kolmest osast. Esimene osa kontrollis õpilaste ühikute teisendamise oskust, teises osas füüsika valemite avaldamise oskust ning kolmandas osas kontrolliti, kas õpilane matemaatikas tuntud tundmatute abil saab samalaadsete tehetega paremini hakkama. Andmetöötluseks ja tehniliseks analüüsiks rakendati programmi SPSS 22. Saadud tulemused näitavad, et oluliste füüsikaliste suuruste teisendamise osas ei ole 8. ja 11.

klassidel erinevusi, on üksikud teemad, kus 11. klass saavutab mõnevõrra paremaid tulemusi nt kiirused, seejuures on raskeimateks teemadeks ruumalade ning neil põhinevate tiheduste teisendamised. Valemite avaldamistel ja nendega analoogiliste tundmatu leidmistel puhul saavutasid 11. klassid paremaid tulemusi, samas andsid saadud tulemused kinnituse oletusele, et suur osa õpilastest ei oska füüsikas valemite avaldamises seostada seda matemaatikas omandatud reeglitega.

Autori arvates võiks ühikute teisendamine olla igas klassis üks matemaatika õppekava osa, sellega matemaatikas tegeletakse ainult esimeses ja teises kooliastmes, autori arvates on sellel perioodil see õpilaste jaoks liiga abstraktne ja seetõttu jääb see ka hiljem paljudele arusaamatuks. Õppekava tuleks arendada selles suunas, et kooskõlastada matemaatika ja füüsika õpetamist.

Märksõnad: füüsika, matemaatika, mõõtühikute teisendamine, valemite avaldamine  
CERCS kood S272, „Õpetajakoolitus“.

## **SUMMARY**

### **MSci paper**

Geil Siim

Teacher of Natural Sciences

**SUBJECT:** The students' mathematical competences applied in physics lessons

The purpose of the present Master's paper was to find out to which extent the students of forms 8 and 11 have acquired the necessary level of the basic mathematical competences, based on the requirements of the national curriculum.

To begin with, a test was carried out in 2014 and 2015 to study the students' skills in solving physics and mathematics tasks. The main emphasis was on the assessment of two most problematic competences: the conversion of measurement units and the expression of formula,

The test consisted of three parts. Part I studied the students' skills of the conversion of the measurement units, Part II focused on the students' ability to express formula and Part III checked on the students' ability to apply their mathematical skills used in equations with unknown quantities while solving similar tasks in physics.

The programme SPSS 22 was applied for data processing and the technical analysis of the data.

According to the results of the research, there are no big differences in the mathematical competences of the students of forms 8 and 11. There are certain topics in which the students of form 11 do considerably better than their younger counterparts – for example, in the tasks related to velocity. Furthermore, the tasks of the conversion of volume measurement units and the corresponding density units proved to be the hardest. As a result, the author's hypothesis was confirmed: a considerable number of students are unable to relate their knowledge of the rules of mathematics while solving similar tasks in physics.

The author is of the opinion that the conversion of measurement units should be part of the mathematics studies in each school year. At the moment, the topic is only dealt with in the first and second stages at basic school. At this early level, the topic may sound too abstract and that might also be the reason why it is so hard to understand for such a considerable number of students in later years. All in all, it is essential to improve the curriculum so that the teaching of mathematics and physics would be related with each other.

Key words: physics, mathematics, conversion of measurement units, expression of formula

CERCS kood S272, "Teacher Training"

# Sisukord

Sissejuhatus .....	7
1. Teoreetiline taust .....	9
1.1 Reaalained- matemaatika ja füüsika .....	9
1.1.1 Matemaatika .....	9
1.1.2 Füüsika .....	10
1.2 Matemaatika ja füüsika õpetamine Eestis .....	10
1.2.1 Uus riiklik õppekava .....	10
1.2.2 Matemaatika õpetamine ja õppimine .....	11
1.2.3 Füüsika õpetamine ja õppimine .....	14
1.2.4 Matemaatika ja füüsika integratsioon ja seda takistavad tegurid .....	15
1.3 Valemite avaldamine ja ühikute teisendamine .....	17
1.3.1 Valemite avaldamine .....	17
1.3.2 Valemite avaldamise oskuse kujundamine koolimatemaatikas .....	18
1.3.3 Ühikute teisendamine .....	20
1.3.4 Mõõtühikute teisendamise oskuse kujundamine koolimatemaatikas .....	22
2. Uurimuse metoodika .....	23
2.1 Metoodika .....	23
2.2 Uuringu disain .....	23
2.3 Valim .....	24
2.4 Instrument ja ülesehitus .....	25
2.5 Usaldusväarsus ja põhjendatus .....	26
2.6 Andmeanalüüs .....	26
3. Uurimuse analüüs .....	28
3.1 Tulemused ja analüüs .....	28
3.2 Teisendamiste oskuse sõltuvus klassist .....	30
3.3 Valemite avaldamise sõltuvus klassist .....	32
3.4 Muud vastajaskonda kirjeldavad parameetrid .....	34
4. Järeldused .....	36
Kokkuvõte .....	37
Tänuõnad .....	39
Kasutatud allikad .....	40
Summary .....	45
Lisad .....	47

## Sissejuhatus

Matemaatika ja füüsika on omavahel väga tihedalt seotud, ilma elementaarsete matemaatiliste oskusteta pole füüsika õppekava võimalik edukalt läbida. Mõlemat õppeainet peetakse keerulisteks, paljudele õpilastele on nende ainete omandamine raske.

Magistritöö autor, lähtudes oma 10 aastasest töökogemusest loodusainete õpetajana, on seisukohal, et suur osa õpilastest peab koolis kõige raskemateks õppeaineteks matemaatika ja füüsika, see tuleneb ainete abstraktsusest ja ülesehitusest, õppeprotsess nõuab järkjärgulist teadmiste ja oskuste pidevat omandamist ja arusaamist. Lüngad eelteadmistes võivad tekitada edaspidi ületamatuid raskusi, mistõttu mõlemad õppeained muutuvad arusaamatuks, sellega seoses kaob ka motivatsioon püüda nendest õppeainetest aru saada. Lünkade tõttu teadmistes, muutub õppeaine omandamine hilisemas õppeprotsessis veelgi raskemaks.

Riikliku õppekava eesmärkide kohaselt seostatakse samuti koolifüüsikaõppes õpitavat matemaatiliste oskustega. (PGRÕK, 2011)

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on selgitada välja, millisel määral 8. ja 11. klassi õpilased on omandanud füüsikas vajaminevad elementaarsed matemaatilised pädevused, mida eeldab riiklik õppekava. 8. ja 11. klasside õpilased valiti valimisse järgmistel põhjustel:

1. Esindatud on nii kolmas kui ka neljas kooliaste;
2. Mõlemale klassile on riiklikus õppekavas ette nähtud füüsikatunnid;
3. Tegemist on üleminekuklassidega, kelle koormus kevadel on mõnevõrra väiksem;
4. Võimalus uurigus osalenud õpilastele uuel õppeaastal lihtsamalt uuringu tulemusi edastada, sest õpivad veel oma koolis;
5. Vajadusel saab samade õpilastega läbi viia järelteste.

Eesmärgi saavutamiseks püstitati järgmised uurimisküsimused:

1. Mil määral on 8. ja 11. klasside õpilased omandanud mõõtühikute teisendamise oskuse?
2. Mil määral on 8. ja 11. klasside õpilased omandanud füüsika valemite avaldamise oskuse?
3. Mil määral erinevad 8. ja 11. klasside õpilaste tulemused koolifüüsikas vajaminevate pädevuste osas?

Vastamiseks uurimisküsimustele viidi läbi testid 100 õpilasega neljast erinevast Eesti koolist, pooled nendest on 8. klasside õpilased ja pooled 11. klasside õpilased. Testiga kontrolliti õpilaste ühikute teisendamise ning valemite avaldamise oskusi. Füüsikas kasutatavate suuruste tähistega valemite avaldamise oskust saab võrrelda ka matemaatikas tavapärase

tundmatute  $x$  ja  $y$  leidmisega, millega saavad õpilased sama tüüpi tehetega paremini hakkama, kui tundmatuks on matemaatikas tuntud  $x$  ning  $y$ . Antud probleemiga puutub autor kokku oma igapäevases töös füüsika õpetajana.

Antud magistristöös sooviti võrrelda ka asjaolu, kas gümnasistidel on võrreldes põhikooli õpilastega valemite avaldamise ja ühikute teisendamise oskus paremini kinnistunud. Matemaatikas õpitakse ühikuid teisendama esimeses ja teises kooliastmes, hilisemates seda paralleelselt loodusainetega enam matemaatikas ei õpetata, loodusainetes aga eeldatakse, et ühikute teisendamise ja valemite avaldamise pädevus on varem omandatud. Autor on seisukohal, et ühikute teisendamine võiks olla matemaatika õppekavas sees ka läbiva teemana kolmandas ja neljandas kooliastmes, kahes esimeses kooliastmes õpitu vajab pidevat kordamist, seda tajub suur osa õpilastest siis veel abstraktsena. Neljal viimasel aastal keskendub autor füüsika tundides kooliaasta alguses esimese kuu ühikute teisendamisele ja valemite avaldamisele, mistõttu teatud füüsika õppekavas ettenähtud temaatika on vaja hiljem läbida väiksema ajakuluga, kuid kogemuste põhjal on sellest palju kasu, seda kajastavad õpilaste hinded, lõpueksamite tulemused, olümpiaadidel esindavate õpilaste edukus, eliitkoolide katsetel füüsika ülesannete edukas lahendamine ja õpilaste tagasiside.

Töö teoreetilises osas kirjeldatakse samatemaatiliste uuringute tulemusi ning analüüsitakse matemaatika ja füüsika õppekavasid, kus käsitletakse ühikute teisendamist ning valemite avaldamist. Samuti antakse ülevaade, mille alusel testid koostati, eesmärgiga leida vastused käesoleva magistristöo uurimisküsimustele. Magistristöo sisaldab ka teostatud testide põhjalikku analüüsi.

# 1. Teoreetiline taust

## 1.1 Reaalained- matemaatika ja füüsika

### 1.1.1 Matemaatika

Mis on matemaatika? Tegemist on nii mitmetahulise ja laia mõistega, et otsest vastest on raske leida. Matemaatikat ennast iseloomustab just see, et see tegeleb objektidega, mille korral saab küsimusele “mis?” täpse vastuse. Matemaatika õpetab tundma ja ennustama maailma. (Aru, Korjus ja Saar, 2013)

Matemaatika on ühelt poolt mõtteviis: oskus eraldada probleemi lahendamisel-analüüsimisel lähteinformatsioonist oluline, töödelda-analüüsida seda matemaatiliste vahenditega ning tõlgendada saadud tulemusi lähteülesande kontekstis. (PGRÕK, 2011).

Teisalt on matemaatika keel, mida nii loodusteadlased (füüsikud, keemikud, bioloogid, geograafid jt) kui ühiskonnateadlased (majandusteadlased, sotsioloogid jt) maailma kirjeldamisel kasutavad (Tartu Ülikooli matemaatika õppekava 2014). Matemaatika aitab kirjeldada maailma nagu iga teine keel ning lubab seeläbi omavahel suhelda ning informatsiooni jagada. Tavapärase keeltega võrreldes otsustab matemaatika kirjeldada vähem, aga see-eest täpsemalt- tihti vaid mõnda väikest detaili ühest või teisest objektist. Samas on need kirjeldused ise täpsed ja üheselt mõistetavad. (Aru, Korjus ja Saar, 2013)

Ja muidugi naudivad paljud inimesed matemaatikat kui kunsti – abstraktsete mõttekäikude täpsust ja elegantsi ning teooriate sisemist harmooniat. (Tartu Ülikooli matemaatika õppekava, 2014)

Matemaatika ammutab oma probleemid tegelikust elust, loodus- ja ühiskonnateadustest. Eluliste ülesannete lahendamisele ning selleks sobivate meetodite arendamisele orienteeritud matemaatika osa on rakendusmatemaatika.

Sügavamate tulemusteni jõudmiseks formaliseerib matemaatik ülesande, võttes kasutusele sobivad abstraktsed struktuurid ja keskendub nende uurimisele, et „näha puude taga metsa“. Nii on kujunenud puhas matemaatika, mis tegeleb matemaatika alusuuringutega. Puhta matemaatikaga tegelejaid reeglina ei huvita, kas ja kuidas nende tulemusi rakendada saab.

Samas oleks tehniline progress ilma matemaatika alusuuringuteta võimatu. (Tartu Ülikooli matemaatika õppekava, 2014)

### **1.1.2 Füüsika**

Jaaniste (2012) ütleb, et füüsika nagu iga teinegi õppeaine koosneb kahest komponendist: teadmised ja oskused. Füüsika kui teadus kujutab endast filosoofilist süsteemi, kus reaalsele loodusnähtustele seatakse vastavusse nende matemaatilised mudelid. Kõiki esemeid ja protsesse püütakse kirjeldada kvantitatiivselt määratavate parameetrite - füüsikaliste suuruste abil. Nende parameetrite arvulised väärtused - mõõdud - on omavahel seotud matemaatiliste seoste - valemitega. See arvude- valemite kompleks kannab nime matemaatiline mudel. Füüsika ei kasuta kvalitatiivseid määratlusi, nagu ilus, halb, punane, hapu jne, vaid asendab need kvantitatiivselt määratavate suurustega nagu pikkus, aeg, voolutugevus jne. Iga suurust iseloomustab tema mõõt - kujund, mis koosneb mõõtarvust, piirveast ja ühikust. Suuruse ja mõõtühiku tähistamiseks kasutatakse kokkulepitud tähtsümboleid, mõõtarv ja viga antakse tavaliselt ümardatud reaalarvu abil. Ümardamiseks ning vea leidmiseks on seejuures kindlad reeglid.

Täppisteadus füüsika uurib loodust kõige üldisemas mõttes: kõigi mateeriavormide üldisi omadusi. Füüsikaline katse ja teooria põhinevad matemaatikal. (Tarkpea ja Peil, 2014)

Tarkpea ja Peil (2014) on öelnud, et füüsika uurib looduse põhivorme (ainet ja välja) täppisteaduslike meetoditega. Loodusteaduste vajadus matemaatika järele on erinev, suurenedes liikumisel geograafia ning bioloogia juurest üle keemia kuni füüsikani. Füüsikat eristab teistest loodusteadustest kõigepealt matemaatiliste meetodite kõige ulatuslikum rakendamine.

## **1.2 Matemaatika ja füüsika õpetamine Eestis**

### **1.2.1 Uus riiklik õppekava**

Eesti haridussüsteemis on viimastel aastatel toimunud olulised muudatused, seadusena on vastu võetud uus riiklik õppekava, milles on muudetud erinevate õppeainete mahtu ja sisu. Eesmärgiks anda lastele paremat haridust ning et neist kujuneksid täisväärtuslikud kodanikud. Õppeaastal 2011/2012 alustasid kõik kooliastmed uue riikliku õppekava järgi ning esimesi sisulisi järeltõlke õppekava kohta sai teha juba üleelmisel õppeaastal (2013/2014), mil esimesed lennud läbisid terve tsükli uue õppekava järgi. (Hankov, 2011)

## 1.2.2 Matemaatika õpetamine ja õppimine

Vanasti oli matemaatika õpetamise sisuks rutiinse arvutamisoskuse omandamine. Tänapäeval vajatakse nii rutiinseid oskusi kui ka arusaamist. Traditsiooniliselt on matemaatikat õpetades lähtunud matemaatikast, mitte õpilasest. Õpetajal on olnud jäik ettekujutus, et matemaatika on olnud olemas õpilasest sõltumata ja õpilane on kohustatud aine lihtsalt selgeks õppima. Õpetaja on teinud reeglid, skeemid, definitsioonid ja meetodid teatavaks, õpilane on need selgeks õppinud ja siis rakendanud. Kui õpilane ei ole asja selgeks saanud, on viga olnud ikka temas, mitte matemaatikas. (Tarkpea, 2010)

Koolimatemaatikat võib uurida eri tasanditelt, keskendudes 1) haridusspetsialistide poolt koostatud õppeprogrammidele, 2) õpetajale, sellele kuidas ta matemaatikat õpilastele edasi annab, 3) tulemuspõhisusele, sellele mida õpilased on omandanud, mida teavad ja mida oskavad (Dossey jt, 2002: 31).

Oskuste ning arusaamade tekkimise aluseks on nii mõisteline arusaamine kui ka protseduuride teadmine ehk konkreetsete algoritmide tundmine ülesannete lahendamisel (Battista, 2011).

Dossey (2002) järgi saab õpilaste matemaatilisi teadmisi hinnata erineval moel. Sageli jaotakse need teadmised kontseptuaalseteks, protseduurilisteks ja probleemi lahenduse oskusteks. Kontseptuaalne arusaamine eeldab õpilase võimekust mõistuspäraselt definitsioone ja seoseid rakendada (Ghazali ja Zakaria, 2011). Kui õpilasel on kontseptuaalsed oskused, siis ta teab, mida miski tähendab. Õpilased on asja kontseptuaalselt mõistnud, kui nad tunnevad ära, oskavad klassifitseerida ja tuua näiteid, oskavad matemaatilistest objektidest vestelda ja neid klassifitseerida. (Dossey jt, 2002: 48). Näiteks on kontseptuaalne teadmine see, kui õpilane teab, et kolmnurgal on kolm külge (Dossey jt, 2002: 49).

Anderson (1993) on defineerinud, et protseduuriline teadmine viitab teadmisele, kuidas sooritada erinevaid kognitiivseid tegevusi. Protseduuriline teadmine või oskus on see, kui õpilane valib ja rakendab protseduure õigesti, nt kui ta tunneb ära liitmistehte ja leiab õige summa, kui õpilane oskab koostada andmete alusel graafiku, kasutada mõõtmiseks mõõteriista jmt. Neil puhkudel rakendavad õpilased algorütmide ehk samm-sammulist tegevusjuhust, juhendit, eeskirja mingi tegevuse sooritamiseks või eesmärgi saavutamiseks. Kui protseduurilised teadmised on olemas, siis teostab õpilane mingi protseduuri õigesti. (Dossey jt, 2002: 49).

Viimane neist matemaatiliste teadmiste valdkondadest, probleemi lahendamine, on kontseptuaalse mõistmise ja protseduurilise teadmise segu. See nõuab õpilaselt situatsiooni ära tundmist, selle põhiolemuse mõistmist, seoste modelleerimist ja selle esitamist. Probleemi lahendamiseks peab õpilane 1) tundma ära ja formuleerima olukorda matemaatika terminites, 2) määrama olulised seosed piisavalt, 3) valima sobiva strateegia, andmed ja mudelid, 4) hindama tulemuse õigsust. (Dossey jt, 2002: 49). Probleemi lahendamine tähendab nii matemaatikas kui ka füüsikas protsessi, mille käigus õpilane kasutab eelnevalt õpitud teadmisi, reegleid, oskusi ja kontseptsioone, et lahendada olukord, millega ei olda varem kokku puutunud (Orton, 2004).

Õppurite sooritusi hinnatakse enamasti suurtel eksamitel ning standardtestidega, mis ei võimalda, nii nagu seda saab teha õpetaja klassis, vastajale lisaküsimusi esitada. Nii ei saa täpselt teada, mida õpilane vastamisel mõtles või tegi (Dossey jt, 2002: 49). Üheks uurimismeetodiks, et õpilaste teadmisi hinnata, on ka individuaalsed intervjuud (Dossey jt, 2002: 50).

Räsänen ja Ahtonen (2004) on välja toonud, et tänapäeval on õpiprobleemid matemaatikas suur murekoht, matemaatikat peetakse suure osa õpilaste arvates kõige raskemaks õppeaineks. Õpiraskusi uuritakse neuropsühholoogiliste meetoditega, mis selgitavad erinevaid esineda võivaid häireid õpilaste ajus, mistõttu matemaatikast aru saamine ja selle õppimine võib olla raskendatud. Raske on selgitada, millal on tõesti probleemid aju funktsioneerimisest tingitud ning millal tuleb põhjusi otsida mujalt. Koolis tuleb antud probleemi koheselt märgata juba esimesest kooliastmest alates ja sellega tegeleda. Peamised põhjused matemaatikaga seotud tekkinud õpiraskustel on motivatsiooni puudus, sotsiaalsed põhjused, keskkonnategurid, puudulik õpetus.

Anu Pietilä (2002) on oma uuringu kokkuvõttes toonud välja, et matemaatika tunnis õppimine nõuab õpilastelt innustust ja head enesetunnet. Motiveeritud õpilane jõuab katsetada, vaatamata sellele, et alguses ei pruugi ülesande lahendamine õnnestuda. Eduelamuse tagab õpilastele konkreetne õpetus ja eakohased ning tasemele vastavad tegevused. Reeglite päheõppimine ja nende mehaaniline harjutamine suurt osa õpilasi ei motiveeri. Matemaatika õppimisel ei ole oluline andekus vaid eelkõige tuleb õpetajal pöörata tähelepanu, et õpitavast saaks õpilased loogiliselt aru ja oluliseks märksõnaks on "harjutamine". Matemaatikaga seonduvad ka ühiskondlikud uskumused, mis väidavad, et teatud kontingendil lihtsalt puudub nn "matemaatikapea" või siis, et poisid on matemaatikas juba sünnipäraselt võimekamad. Mitmetes uuringutes on saadud viiteid sellele, et õpilaste uskumused matemaatikast võivad

olla suureks takistuseks efektiivsele matemaatika õppimisele. (Lindgren, 2004). Need uskumused, mis on eelarvamustena kooli kaasa tulnud, on vaja õpetajal kummutada. Eduelamust on vaja ja kõige tähtsam on pidev harjutamine, ise tegemine, argieluga tunni tegevuse seostamine. Ka Schwabe (2008) nendib, et õpilaste õpitulemuste üks suuri mõjutajaid on stressitegur. Mida suurema stressi all õpilased õpivad, seda kehvem on nende mälutegevus.

Muotka (2012) toob oma uurimuses välja, et õpiraskuste peamine algpõhjus on vähene motivatsioon või selle puudumine. Oluline on teadvustada, et motivatsiooniprobleemid saavad alguse juba esimeses kooliastmes, sellega tuleb juba siis tõsiselt tegeleda. Motivatsioon õppida matemaatikat on ühiskondlikult oluline. Tänapäeval arenevas tehnoloogiamaaailmas on matemaatika oskamine oluline kõikidele.

Matemaatikapädevus tähendab matemaatiliste mõistete ja seoste tundmist, suutlikkust kasutada matemaatikat temale omase keele, sümbolite ja meetoditega erinevate ülesannete modelleerimisel nii matemaatikas kui ka teistes õppeainetes ja eluvaldkondades. Matemaatika pädevus hõlmab üldist probleemi lahendamise oskust, mis sisaldab oskust probleeme püstitada, sobivaid lahendus-strateegiaid leida ja neid rakendada, lahendusideed analüüsida ning tulemuse tõesust kontrollida. Matemaatikapädevus tähendab loogilise arutlemise, põhjendamise ja tõestamise ning erinevate esitusviiside (sümbolite, valemite, graafikute, tabelite, diagrammide) mõistmise ja kasutamise oskust. Matemaatikapädevus hõlmab ka huvi matemaatika vastu, matemaatika sotsiaalse, kultuurilise ja personaalse tähenduse mõistmist. (Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Matemaatika nädalatundide jaotumine Eesti riiklikus õppekavas on leitav töö lõpus lisana.

Õpilaste hoiakud matemaatika suhtes on oluliseks faktoriks matemaatika õppimisel. Kui õpilastel on matemaatika suhtes negatiivsed tunded, siis nad väldivad sellega tegelemist. (Blanco jt, 2004:339).

Kirjanduse andmetel kirjeldavad paljud matemaatikat kui müstilist võrduste jm probleemide lahendamist, valemite pähe õppimist; ainet, mida õpetaja seletab klassis, õpilased korduvalt praktiseerivad, ent ei mõista, miks see kõik vajalik või kasulik on. (Dossey jt, 2002: 57).

Mitmed uuringud on näidanud õpilaste hulgas valitsevat arvamust, et matemaatilistele probleemidele on ainult üks korrektne lahendus ja et õpilasel tuleb matemaatika õppimisel rakendada peamiselt oma mälu ning meelde jäetut mehhaaniliselt rakendada (Caballero jt, 2011:282)

On ka õpilasi, kes leiavad, et matemaatikat on vaja praktilises elus nt kaupluses lihtsate arvutuste jaoks, toa mõõtmiseks vaiba ostmisel. Nad ei tähtsusta matemaatilisi oskusi keeruliste probleemide lahendamisel või maailma mõtestamisel. (Dossey jt, 2002: 57).

Kui uuriti, kas õpilased arvavad, et nad suudavad matemaatikat mõistma ja kasutama õppida, siis oli neid, kes seda ei uskunud ja neid, kes uskusid. Sellised hoiakud kujunevad koolimatemaatika tunnis saadud kogemuste alusel aastate jooksul. Oluline selliste hoiakute kujunemisel on õpetaja suhtumine nende võimetesse. (Dossey jt, 2002: 57). Õpetaja julgustus ja usk oma õpilaste sooritusse tõstavad õpilase eneseusku (Dossey jt, 2002: 58).

Uuringud on näidanud ka, et õpetajad pööravad vähem tähelepanu neile õpilastele, kes oma matemaatilisi võimeid ei usalda. (Reyes, 1980).

Oluline on, et õpetaja selgitaks õpilastele matemaatikast saadavat kasu, seda, kuidas matemaatika aitab maailma seletada. Ka on oluline, et õpetaja näitaks õpilastele seoseid matemaatika eri harude, nt algebra ja geomeetria, ja erinevate teemade vahel. (Dossey jt, 2002: 61).

### **1.2.3 Füüsika õpetamine ja õppimine**

Sellela, et koolifüüsika vajas muudatusi, oli nõus iga ainespetsialist, kes kusagil sõna võttis. Enamasti oli mureks õpilaste kesine füüsikateadmiste tase ning sellest tingitud eemaldumine füüsikast. Füüsika on muutunud õpilase jaoks raskeks ja arusaamatuks, see omakorda põhjustab huvi kaotamise aine vastu. Arusaamise asemel asuti ainet pähe õppima, ülesandeid lahendades otsitakse tekstist välja füüsikalised suurused, neile vastavad seosed või valemid ning lahendatakse ülesanne, ilma et selle seose tegelikku tähendust on mõistetud. (Hankov, 2011). Ka Jaansalu (2011) uuring kinnitab, et füüsika tundi tavapäraselt ei oodata.

Vabas tsiviilühiskonnas võiks üldkohustuslik koolifüüsika eelkõige soodustada selliste kodanike kujunemist, kes küll ise enamasti füüsikaga ei tegele, kuid mõistavad ühiskonna ees seisvat vajadust füüsikaga tegeleda. Koolifüüsika peaks kasvatama inimesi, kes väärtustavad füüsika ja tehnikaga seotud elukutseid ning pooldavad ressursside eraldamist füüsikaga seonduvaks arendustööks. Kuid selleks ei pea inimene ise omandama füüsikaga seotud elukutset ega oskama teha vastavat tööd. (Tarkpea, 2010)

Kindlasti peab koolifüüsika aga andma tulevasele kodanikule oskuse sooritada tavaelus vajalikke mõõtmisi, arvutusi ja prognoose. Homset kodanikku tuleb õpetada eristama tadslikku ebateaduslikust, temas tuleb kujutada säästlikule ja jätkusuutlikule arengule

orienteeritud väärtushinnanguid. Selleks kõigeks on aga vaja verbaalset, mitte valemlikku füüsikat. Füüsikale ja tehnikale orienteeruvatel õpilastel peab kindlasti säilima võimalus omandada füüsikat matemaatilisel rangelt ja süstemaatilisel. (Tarkpea, 2010)

Üks uue ainekava eripära on pärinud koguni üleriigilise meedia tähelepanu. Nimelt on ainekavas loobutud füüsikavalemite peast teadmise nõudest. Gümnaasiumi füüsikaõppes kujundatakse oskust mõista valemite füüsikalist sisu, vajalikke valemiteid leida ning neid õiges kontekstis kasutada. Valemiteid pähe õppida pole õpilasel enam vaja. Kui õpilane on valemiteid korduvalt eri kontekstis rakendanud, on see suure tõenäosusega tal ka peas. (Tarkpea, 2010) Füüsika nädalatundide jaotumine Eesti riiklikus õppekavas on leitav töö lõpus lisana.

#### **1.2.4 Matemaatika ja füüsika integratsioon ja seda takistavad tegurid**

Õppeaineid õpetatakse eraldi, mistõttu teatud osa õpilastest ei oska ise olemasolevaid seoseid kohe näha ja võivad vajada selleks õpetaja poolset suunamist. (Pilli ja Kuusk, 2012) Teadmiste isoleeritus on olukord, kus õpilane ei kanna ühes aines õpitut oskusi või teadmisi teise ainesse üle, kuigi need kehtivad ka seal, mille tagajärjel puudub õpilasel terviklik maailmapilt ning oskus lahendada ülesandeid ja probleeme, mis nõuavad ainetevahelist informatsiooni ülekandmist (Reiska ja Rohtla, 2014).

Erinevate õppeainete integreerimine matemaatikaga lisab Leppäaho (2007) arvamusel järgi ka motivatsiooni matemaatikaga tegelemisel. Õpetajatel tuleks eriõppeaineid integreerida rohkem ka kolmandas ja neljandas õppeastmes, et erinevad õppeained ei lahterduks õpilaste silmis täiesti eraldiseisvateks ja teistega seondumatuteks. Füüsikas on õpetajal esmatähtis tekitada õpilastes arusaam, et kõik matemaatika reeglid kehtivad ka füüsikas, füüsika keel on matemaatika keel.

Matemaatika ja füüsika peamine erinevus seisneb selles, et kui esimene neist uurib loogilisi seoseid ettekujutatavate objektide ja nende omaduste vahel, siis füüsika kirjeldab reaalselt olemasolevat loodust. Matemaatikas ei tehta vaatlusi ega katseid, vaid tulemused saadakse rangete loogiliste arutluste teel. Kuna matemaatika ei kirjelda päris loodust, võib selle teooriate aluseks võtta väiteid ja oletusi, mis ei nõua katselist tõestust. Pole mõtet reaalse katse abil otsida kinnitust vaid mõtetes eksisteerivale. (Peil, 2014 )

Vaikkjõrv (2009) väidab, et matemaatiliste tehete arv ja keerukus moodustavad ühe osa füüsikaülesannete keerukusest. Ülesannete matemaatilises osas teisendatakse valemiteid, lahendatakse võrrandeid, teisendatakse ühikuid ning arvutatakse otsitav suurus. Õpilane võib saada arvutusvea tõttu vale tulemuse, vaatamata sellele, et ta võib ülesandedes püstitatud

olukorda füüsikalises mõttes täielikult mõista ning teistpidi võib õpilane teada kõiki valemeid, kuid neid kasutada ei oska, sest puudub matemaatiliste operatsioonide valdamise oskus (valemite avaldamine, ühikute teisendamine jne).

Füüsikas kirjeldatakse ja selgitatakse mitte mõtetes kujutletavaid, vaid tegelikke looduslikke objekte ning nendega toimuvaid nähtusi. Füüsikateooriate aluseks tohib võtta vaid selliseid tõdemusi, mida vaatlused ja katsed kinnitavad. Seejuures peavad alustõdemuste katselised kinnitused olema absoluutsed! Kui kasvõi üksainus eksperimenditulemus on väitega vastuolus, pole sellele üles ehitatud teooria usaldusväärne. (Peil, 2014 )

Sellist looduse kohta käivat kõige üldisemat tõdemust, mis vastab absoluutselt kõikide eksperimentide tulemustele, nimetatakse füüsika printsiibiks. (Peil, 2014) Seevastu aksiom vastab vaid matemaatilisele loogikale ning seda kasutatakse matemaatikas. Printsiip on alustõdemus füüsikas, aksiom matemaatikas.

Pärtel ja Öpik (1998) on öelnud, et füüsika õppimise käigus ei suuda paljud õpilased matemaatikas omandatud teadmisi ja oskusi kasutada, olles samal ajal matemaatikas edukad.

Riiklik õppekava (2011) on seadnud loodusteadusliku valdkonnapädevuse saavutamise üheks oma eesmärgiks. Ülesehituselt mõjub õppekava teatud määral horisontaalset integratsiooni takistavana, kuna õppeainete kulgemine on ajaliselt nihkes ja kokkupuutepunkte on vähe. Matemaatikas kolmandas kooliastmes enam ühikute teisendamist ei korrata, samas füüsikas ja keemias läheb seda oskust pidevalt tarvis, õppekava eeldab, et antud pädevus on matemaatikas varem omandatud, kuid reaalsus tõdeb, et vastavad oskused on kesised, mistõttu kulub loodusainete tundides palju aega nende kordamiseks ja selgitamiseks. Loodusained vajaksid eelkõige kolmandas kooliastmes antud oskuste paralleelset kordamist ka matemaatikas

Ka Soome didaktik Martio (2004) tõdeb, et kõige suurem probleem on matemaatika ja füüsika õppekavade sünkroniseerimine, antud probleem on ka Eesti vasta.vate õppekavade puhul.

## 1.3 Valemite avaldamine ja ühikute teisendamine

### 1.3.1 Valemite avaldamine

Juba vanad babüloomlased 2000 aastat eKr lahendasid praktilisi ülesandeid võrrandite abil. Võrrandite abil ennustasid nad näiteks päikesevarjutuse toimumise aega. (Leego jt, 2002)

Valem on sümbolitega kirja pandud lause, näiteks lause “Kiirus on teepikkus, mille keha läbib ajaühikus” saab valemina kirjutada järgmiselt  $v = s/t$ . (7. Klassi loodusõpetus, 2012). Leego jt (2002) selgitavad, et kuna matemaatikas ja füüsikas on palju erinevaid valemuid, siis tuleb neid tihti teisendada sobivale kujule ja avaldada nendest muutuja. Näiteks tuleb leida voolutugevuse väärtus amprites, kui toitepinge on 12 V ja takistus ahelas  $R = 2$  Oomi. Ohmi seadusest  $U = IR$  avaldame voolutugevuse  $I$ . Selleks tuleb jagada valemis mõlemad pooled läbi suurusega  $R$ , sest see on voolutugevuse  $I$  kordajaks. Saame:  $U/R = I$ . Võrduse pooli võib vahetada ilma märki muutmata. Saame võrduse  $I = U/R$ . Nüüd tuleb arväärtused koos ühikutega asemel panna, arvutada ja vastus 6 A ongi käes. Magistritöö autor nendib oma kogemusest, et õpilastele on võõras ja kohati arusaamatu asjaolu, et võrduse pooli võib vahetada ilma märki muutmata, see teadmine ja kasutamisoskus on füüsikas vajalik, mistõttu tuleks ka sellele suuremat tähelepanu pöörata nii matemaatikas kui ka füüsikas. Samuti on suuri probleeme ja pidevaid eksimusi liikmete üle võrdusmärgi viimisega. Teadmise puudumine, et sellisel juhul muudetakse liikme ees märk vastupidiseks, on füüsikas samuti töö autori kogemuste põhjal probleemiks. Probleem on arusaamisega, et matemaatilised reeglid kehtivad ka füüsikas. Füüsika kui teadus kujutab endast filosoofilist süsteemi, kus reaalsele loodusnähtustele seatakse vastavusse nende matemaatilised mudelid. Igat eset või protsessi püütakse kirjeldada kvantitatiivselt määratavate parameetrite – füüsikaliste suuruste abil. Nende parameetrite arvulised väärtused – mõõdud – on omavahel seotud matemaatiliste seoste – valemitega. See arvude- valemite kompleks kannab nime matemaatiline mudel. (Jaaniste, 2012)

Põhikooli füüsikaõppes seostatakse õpitavat igapäevaeluga, matemaatiliste oskustega, tehnika ja tehnoloogiaga ning teiste loodusainetega. Lahendades arvutus-, graafilisi ning probleemülesandeid ja hinnates saadud tulemuste reaalsust, luuakse alus kriitilisele mõtlemisele. Füüsikat õppides saab õpilane esialgu ettekujutuse füüsika keelest ja õpib seda kasutama. Füüsikas kasutatavad matemaatilised oskused peavad olema matemaatikas varem omandatud. (Põhikooli ja Gümnaasiumi riiklik õppekava, 2011). Eelteadmine (*prior knowledge*) on informatsioon, oskused ja mõistmine, mille sa oled saanud õppimise ja

kogemuse kaudu ning kasutad neid selleks, et otsustada, mis on kõige tõenäolisem tulemus või mõju millegi kohta (Longman Dictionary, 1996). Eelteadmiste ühe osana vaadeldakse baasteadmisi e. taustateadmisi (*background knowledge*), mis on seotud antud teemaga tihedamalt kui ülejäänud eelteadmised. (Reimann, 1995). Magistritöö autori arvates oleks oluline, kui antud temaatikat korratakse järjepidevalt ka matemaatikas füüsikaga paralleelselt.

### 1.3.2 Valemite avaldamise oskuse kujundamine koolimatemaatikas

I kooliastme matemaatika õpitulemuste ja õppesisu kirjeldustes on selgesti välja toodud, et 3. klassi lõpetanud õpilane:

- 1) saab aru õpitud reeglitest ning oskab neid täita;
- 2) tunneb nelja aritmeetilise tehete liikmete ja tulemuste nimetusi;
- 3) leiab võrdustes tähe arvvaartuse proovimise või analoogia põhjal;
- 4) määrab õige tehete järjekorra avaldises (sulud; korrutamine/jagamine; liitmine/lahutamine). ( Riigiteataja, 2011)

II kooliastme matemaatika õpitulemustes ja õppesisu kirjelduses on selgesti välja toodud, et 6. klassi õpilane:

- 1) tunneb probleemülesande lahendamise üldist skeemi;
- 2) leiab ülesannetele erinevaid lahendusteid;
- 3) tunneb tehete omadusi ning tehete liikmete ja tulemuste seoseid;
- 4) tunneb harilikku ja kümnendmurdu ning kujutab neid arvkiirel;
- 5) teisendab hariliku murru kümnendmurruks, lõpliku kümnendmurru harilikuks murruks ning leiab hariliku murru kümnendlähendi;
- 6) Tunneb protsendi mõistet ja leiab osa tervikust;
- 7) Lahendab ja koostab mitmetehtelisi tekstülesandeid ning kontrollib ja hindab tulemust;
- 8) Lihtsustab ühe muutujaga avaldise ning arvutab tähtavaldisse väärtuseid;
- 9) Leiab etteantud arvude seast võrrandi lahendi, lahendab lihtsamaid võrrandeid. ( Riigiteataja, 2011)

III kooliastme matemaatika õpitulemustes ja õpisisu kirjelduses on selgesti välja toodud, et põhikooli lõpetaja:

- 1) koostab ja rakendab matemaatilisi mudeleid erinevate eluvaldkondade ülesandeid lahendades;
- 2) liidab, lahutab, korrutab, jagab ja astendab naturaalarvulise astendajaga ratsionaalarve peast, kirjalikult ja taskuarvutiga ning rakendab tehete järjekorda;
- 3) selgitab naturaalarvulise astendaja astendamise tähendust ning kasutab astendamise reegleid;
- 4) Selgitab arvu ruutjuure tähendust ja leiab peast või taskuarvutil ruutjuure;
- 5) Korrastab üks- ja hulkliikmeid, liidab, lahutab ning korrutab üks – ja hulkliikmeid ning jagab üksliikmeid ja hulkliiget üksliikmega;
- 6) Tegurdab hulkliikmeid (toob sulgude ette, kasutab abivalemeid, tegurdab ruutkolmliiget);
- 7) Taandab ja laiendab algebralist murdu; liidab, lahutab, korrutab ja jagab algebralisi murde;
- 8) Lahendab võrrandi põhiomadusi kasutades linear- ja võrdekujulisi võrrandeid;
- 9) Lahendab lineaarvõrrandisüsteeme;
- 10) Lahendab tekstülesandeid võrrandite ja võrrandisüsteemide abil. (Riigiteataja, 2011)

Füüsika ülesannete lahendamisel pole eesmärgiks vastuse leidmine, vaid lahendamise õppimine ja harjutamine. Matemaatilisele osale peab eelnema füüsikaline osa, kus saadakse olukorrast ülevaade, mis toimub ja kuidas. Siis tehakse lihtsustusi, valitakse sobivaid mudeleid, leitakse sobivad valemid, koostatakse vajalikud võrrandid. (Voolaid, 2015). Puolimatka (1999) kirjutab oma väljaandes, et õpilased ei oska mõista valemi taga olevat matemaatikat ning aru saada sellest, et matemaatika seadused kehtivad igas olukorras. Kõige suurem on probleem just teistes õppeainetes, kus esmatähtis on selgitada õpilastele, et matemaatika reeglid kehtivad ka füüsikas, keemias ja teistes õppeainetes. Tüüpiline on see, et kontrolltöök õpitakse valemite avaldamised lihtsalt pähe ning väikese aja möödudes on see juba meelest läinud, loogilised seosed puuduvad, vaatamata sellele, et kontrolltöö tulemus võib olla väga hea. Need teadmised salvestatakse vaid hetkeks lühimällu. Matemaatika ja ka füüsika on õppeained, kus uued teadmised ehitatakse üles vanadele juba õpitud ja omandatud teadmistele, seetõttu on uusi teadmisi raske omandada, kui vanad alt puuduvad. Õpilane oskab

kasutada uusi õpitud teadmisi vaid sama tüüpi olukordades, mida ta vahetult õppinud on, puudub üldistamise ja seostamise oskus, sest varem õpitu ei ole salvestunud püsimalle ega loogiliselt olnud arusaadav.

### 1.3.3 Ühikute teisendamine

Karu (1996) tõdeb, et matemaatikast erinev on füüsikalise suuruse tõlgendamise sisu – füüsikaline suurus koosneb kahest lahutamatu osast, arvvaartusest ja mõõtühiku nimetusest, mis omavahel on korrutamistehetega seotud. Füüsikalise suuruse iseloomustamiseks ei piisa ainult arvvaartusest, teadma peab mõlemat komponenti. Eugen Kokin (2003) on kirjutanud järgmist: selleks, et luua uusi tooteid, uurida loodusnähtusi ning inimeste poolt tekitatud keeruliste süsteemide omadusi ja käitumist, välja töötada uusi meetodeid, kontrollida teoreetilisi kontseptsioone, on vaja teha mitmesuguseid katseid ning jälgida ja juhtida erisuguseid protsesse. Igapäevases elus, tehnikas, põllumajanduses, aga samuti ka füüsikaliste nähtuste tundmaõppimise käigus on sageli tarvis läbi viia mitmesuguseid mõõtmisi. Need eesmärgid on saavutatavad vaid siis, kui on olemas mitmekülgne informatsioon objektide ja süsteemide kohta. Sellise informatsiooni omandamine on realiseeritav mõõtmise teel. Füüsikalise suuruse mõõtühik on selline füüsikaline suurus, millele on leppeliselt antud numbriline väärtus 1. Mõõtmine üldjuhul kujutab endast mõõdetava suuruse võrdlemist selle suuruse võimalike väärtuste skaalaga. (Kokin, 2003) Mõõtühiku tähis kirjutatakse mõõdetud suuruse arvvaartuse taha (nt 5kg). Kui mõõtmistulemused on liiga väikesed või liiga suured arvud, võib kasutada SI mõõtühikute kordseid või osahikuid (Pullerits ja Mölder, 2000). Owens ja Outhred (2006) on selgitanud, et mõõtühikutega ülesanded on matemaatikas see osa, mis võimaldab matemaatilisi teadmisi kasutada igapäevases elus. Tähtis on eelkõige mõõtmise korral aru saada mõõtühikute struktuurist. Esimesteks mõõtmisühikuteks koolis on pikkusühikud. Mõõtmisuskust arendades on esmatähtis õppida tundma erinevaid skaalasisid ning oskust skaalat lugeda, see on aluseks mõõtmisele ja sellega seotud probleemide edukale lahendamisele. Mõõtmisi tehakse kõige enam füüsikas. Seal on mõõdupuud üldaktsepteeritud (meeter, kilogramm jne) ja mõõtmistulemused seetõttu hästi mõistetavad. (Mikk, 2002) Pikkus, pindala, temperatuur, mass, kiirus – kõik need on füüsikalised suurused. Füüsikalisi suurusi saab alati mõõta. Mõõta mingit suurust, see tähendab võrrelda seda suurust teise samaliigilise suurusega, mis on võetud mõõtühikuks. (Füüsika VI klassile, Tallinn 1966). Curry, Mitchelmore ja Outhred (2006) on oma uuringutes tõestanud, et õpilastel on üldiselt kesised teadmised mõõtühikutest ning mõõtühikutevahelistest seostest. Näiteks aja lugemise ja mõõtmisega seotud raskused tulenevad peamiselt sellest, et ajaühikud pole

kümnendsüsteemis (Ryan ja Williams, 2007). Sagedasemad vead seoses ajaühikutega tulenevad väärarusaamast, et 1h = 100min. Samuti tulenevad vead sellest, et tunde ja minuteid nähakse kui sõltumatuid ühikuid (Doig, Williams, Wo ja Pampaka, 2006; Ryan ja Williams, 2007).

Eestis kasutatakse rahvusvaheliselt tunnustatud mõõtühikute süsteemi, mida nimetatakse SI-süsteemiks. SI-süsteemi kutsutakse ka meeter-kilogramm-sekund-süsteemiks, kuna need suurused olid selle süsteemi esimesed põhiühikud. Põhiühik on SI-süsteemi aluseks olev ühik ning neid on nüüdseks kokku seitse. Teisi samas süsteemis kasutatavaid ühikuid nimetatakse tuletatud ühikuteks. SI-ühikuid kasutab enamuse maailma riike ning rahvusvaheline teadus. SI põhiühikus on meeter, kilogram, sekund, amper, Kelvin, mool ja kandela. (Tarkpea ja Voolaid, 2002)

Kõiki meetersüsteemi ühikuid märgitakse ühe- või kahetähelise tingmärgiga, kus esimene täht näitab eesliidet, teine aga põhiühikut. Põhiühikust suuremate väärtuste mõõtmiseks kasutatakse ühikuid, mis on põhiühikust 10, 100, 1000 jne korda suuremad. Põhiühikust väiksemate väärtuste mõõtmiseks kasutatakse ühikuid, mis on põhiühikust 10, 100, 1000 jne korda väiksemad. Eesliiteid kasutatakse ühikute kordsete väljendamiseks, enne arvutamist tuleb erinevad ühikud ühesugusteks teisendada. (7. klassi loodusõpetus, 2012)

Ühikute teisendamise oskuse madal tase on koolifüüsikas üks peamisi probleeme, seda tõdeb oma magistritöös ka Marge Raig, kes viis 2013 aastal läbi testi kutsekooli õppima asunud noortele, ühikute teisendamise ülesande keskmiseks protsendiks kujunes läbiviidud testides 37%. Tammiksaar (2010), Maila (2005) ja Ines Kerikmäe (2012) tõdesid samuti oma uuringus, et mõõtühikute teisendamine valmistab õpilastele matemaatikas kõige suuremaid raskusi.

Ühikute teisendamise oskamatus probleem ei kerki üles mitte ainult koolifüüsikas vaid ka teistes õppeainetes, ka keemia õpetajad on nentunud seda probleemi suurust varasematel aastatel riiklike eksamite järelküsitlustes. (Innove, 2005)

Pisa 2009 uuringute tulemuste põhjal on järeldatud, et edukate riikide ainekava on spiraalne, st et üks teema on jaotatud mitmete kooliastmete vahele või tervele kooliajale. Üldiselt alustatakse erinevates riikides mõõtühikute teisendamisega juba 2. klassist, kuid erandina võib välja tuua Pisa testi tulemustel edukas riik Uus Meremaa, kus ühikute teisendamist hakatakse õppima alles 7. klassis, sellele eelnevatel aastatel tehakse esmatutvust mõõtmisega objektide võrdlemise teel ning seejärel tutvutakse mõõteriistadega.

### **1.3.4 Mõõtühikute teisendamise oskuse kujundamine koolimatemaatikas**

I kooliastme matemaatika õpitulemuste ja õppesisu kirjeldustes on selgesti välja toodud, et 3. klassi lõpetanud õpilane:

- 1) kasutab suurusi mõõtes sobivaid abivahendeid ja mõõtühikuid;
- 2) kasutab mõõtes sobivaid mõõtühikuid, kirjeldab mõõtühikute suurust temale tuttavate suuruste kaudu;
- 3) teisendab pikkus-, massi- ja ajaühikuid.

II kooliastme matemaatika õpitulemustes ja õppesisu kirjelduses on selgesti välja toodud, et 6. klassi õpilane: teab ning teisendab pikkus-, pindala-, ruumala- ja ajaühikuid.

III kooliastme matemaatikas enam ühikute teisendamist ei õpita, eeldatavalt peab see oskus olema varem omandatud. (Riigiteataja) Sarenius oma uuringus on kinnitanud, et tegemist on eelkõige abstraktse oskusega, mis suurel osal õpilastest pole veel välja kujunenud ka 7. klassis. (PRÕK, 2011)

## 2. Uurimuse metoodika

### 2.1 Metoodika

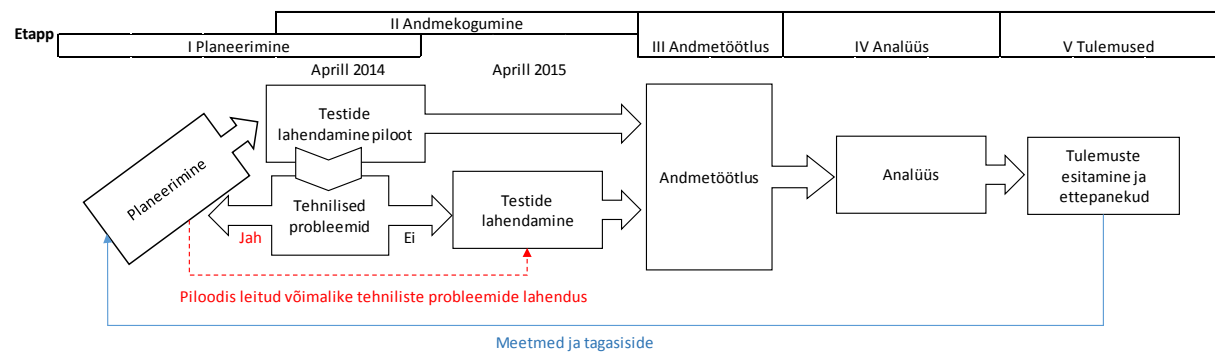
Käesoleva töö raames viidi 2014 ja 2015 aastal läbi test füüsika ja matemaatika ülesannete lahendamiseks. Eesmärgi saavutamiseks tuli valida sobiv meetod. Eesmärk oli selgitada välja, millisel määral 8. ja 11. klassi õpilased on omandanud füüsikas vajaminevad elementaarsed matemaatilised pädevused, mida eeldab riiklik õppekava.

Töö käigus kontrolliti kahe peamiselt koolifüüsikas kõige problemaatilisema pädevuse, mõõtühikute teisendamise ja valemite avaldamise oskust.

Leidmaks vastuseid püstitatud uurimisküsimustele koostati test, mis koosnes kolmest osast. Esimene osa kontrollis õpilaste ühikute teisendamise oskust, teises osas kontrolliti füüsika valemite avaldamise oskust ning kolmandas osas kontrolliti, kas õpilane matemaatikas tuntud tundmatute abil saab samalaadsete tehetega paremini hakkama.

### 2.2 Uuringu disain

Uuringu disaini aluseks võeti klassikaline viie etapiga CIA analüüsitsükkel. Analüüsitsükli modifitseeriti pilootuuringu läbiviimise lisamisega (Joonis 1.)



#### Joonis 1. Uuringuprojekti läbiviimistsükkel.

Planeerimise etapil koostati uuringu test ja viidi läbi testide lahendamise pilootküsitlus ühe kooli 8. klassis. Tulenevalt võimalikest tehnilistest probleemidest, lahenduse leidmise vajadusest viidi pilootküsitlus läbi aasta enne põhiandmekogumist, vastavalt aprillis 2014.

Andmekogumise etapil viidi läbi testide lahendamine neljas erinevas Eesti koolis, vastavalt küsimustiku kaaskirjas toodule koole omavahel ei võrrelda. Andmekogumise hetkeks valiti õppeaasta lõpu eelne aeg, vastavalt aprill 2015.

Andmetöötluse raames kasutati nii pilootküsitluse kui põhilise testide lahendamise andmeid. Andmetöötluseks ja tehniliseks analüüsiks rakendati programmi SPSS 22. Saadud tulemusi tutvustatakse käesoleva töö analüüsis ja olulisim esitatakse järeldustes.

## **2.3 Valim**

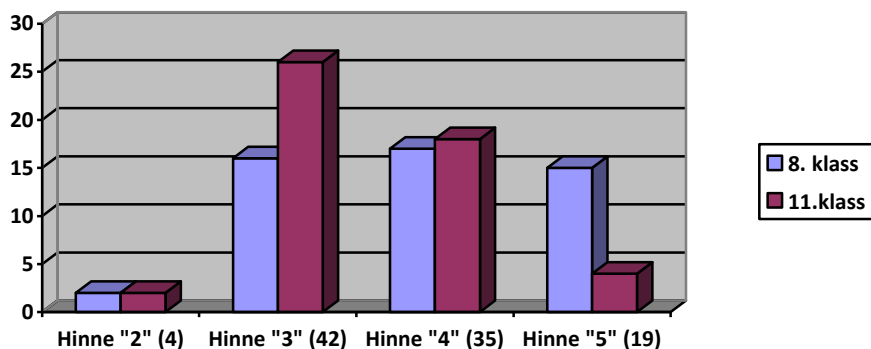
Uurimuse üldkogumisse kuuluvad Eesti koolide kaheksandate ja üheteistkümnendate klasside õpilased.

Uurimuse läbiviimiseks ja testide piloteerimiseks moodustati mugavusvalim. Instrumentide valideerimiseks viidi 2014. aasta oktoobris läbi pilootuuring, mille valimisse kuulus 24 ühe kooli 8. klassi õpilast.

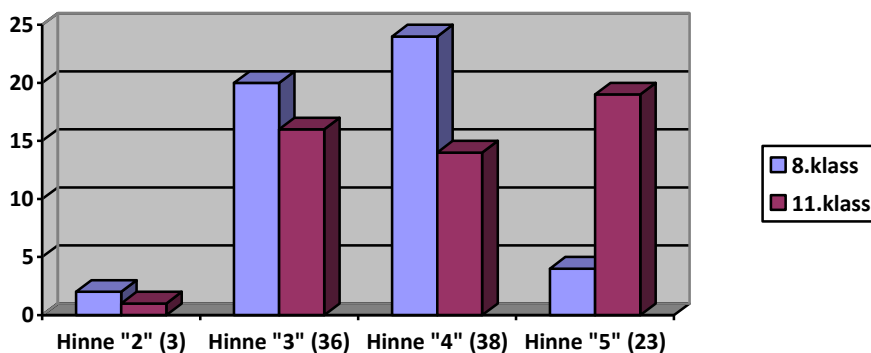
Esialgelt oli plaanis valida kvootvalim, mis võimaldab kombineerida valimit, mis peegeldab uuritava populatsiooni liikmete erinevate rühmade proportsioone. Probleemiks osutus asjaolu, et valimisse valitud koolid ei nõustunud uurimuses osalema või ei vastanud kirjadele. Valimisse kuuluvad 100 õpilast neljast Eesti üldhariduskoolist (Tallinn, Harjumaa, Tartu, Tartumaa), neist 50 õpilast õpib 8. klassis ja 50 õpilast õpib 11. klassis.

Klasside valikul lähtuti põhimõttest, et esindatud oleks kaks erinevat kooliastet, samas kuna uuringu testide lahendamine oli planeeritud õppeaasta viimasesse veerandisse, siis polnud mõttekas kaasata uuringusse kooliastme viimaseid klasse, põhjuseks eksamiperiood, eksamiteks valmistumise periood jms – ning seeläbi valiti 8. ja 11. klass. Valimi suuruse määramisel lähtuti Statistikaameti andmetest leitud 14 ja 17 aastate ligikaudsest 25000 liikmega populatsioonist, millele valimi suuruse arvutus MS Excelis annab 95% usaldusnivoo ja 10% usaldusintervalli puhul sobivaks väikseimaks valimiks 96, mis andetöötluse lihtsustamiseks suurendati käesolevas uuringus 100-le.

Valimisse kuulunud 100st õpilasest oli 45 tüdrukut ning 55 poissi. Matemaatika veerandi- või trimestrihinde aritmeetiline keskmine on “3,81” ning füüsika hinde aritmeetiline keskmine on vastavalt “3,69”. Veerandi- ja trimetrihinnete võrdlust kajastavad joonised 1 ja 2.



Joonis 1. Valimisse kuuluvate õpilaste jaotus eelmise veerandi või trimestri füüsikahinde alusel (n = 100).



Joonis 2. Valimisse kuuluvate õpilaste jaotus eelmise veerandi või trimestri matemaatikahinde alusel (n = 100).

## 2.4 Instrument ja ülesehitus

Uuring koosnes kolmest järjestikusest osast: 1) Ühikute teisendamine (19 teisendust); 2) Füüsika valemite avaldamine; 3) Matemaatika võrranditest tundmatu leidmine (matemaatiliselt teises testis olnud füüsika valemitega analoogsed võrrandid).

Töös püstitatud uuringüküsimuste kontrolliks lahendasid õpilased (vastajad) testis erinevaid ühikute teisendamise, füüsikalise suuruse avaldamise ja tundmatu leidmise ülesandeid. Kokku teisendati 17 algühikut, sealjuures ruumala  $\text{mm}^3$  ja tihedus  $\text{kg/m}^3$  teisendati kaheks erinevaks sihtmõõtühikuks, mis annab kokku 19 erinevat teisendust. Füüsikalisi suuruseid leiti kokku kuuest võrrandist 14 erinevat. Kokku oli vaja leida üheksa matemaatilist tundmatut. Testi ankeet on esitatud käesoleva töö lisades (LISA 1).

Testide täitmiseks oli aega 45 minutit.

## 2.5 Usaldusväärsus ja põhjendatus

Uuringu kvaliteedi tagamiseks oli vaja kontrollida valiidsust ja reliaablust (Gall & Borg, 1996).

Laanpere (2009) ja Trochimi (2006) järgi on reliaablus usaldusväärsus, mis näitab küsimustiku täpsust ning juhuslikest faktoritest sõltuvust. Lanksheati ja Knobeli (2004) järgi on valiidsus tõepärasus ning põhjendatus.

Käesoleva magistritöö tulemustega saab iseloomustada ainult antud valimisse kuulunud õpilasi. Saadud tulemusi ei saa üldistada laiemalt. Reliaablus ja valiidsus tagati käesolevas töös järgmiste vahenditega:

- 1) Test läbis ekspertide hinnangu, kelleks olid kolm füüsikaõpetajat ning üks matemaatikaõpetaja. Kõik neli aineõpetajat lahendasid ise testi ja andsid omapoolse hinnangu, mida arvestati lõpliku testi koostamisel;
- 2) Testile andis hinnangu ekspert Henn Voolaid;
- 3) Kõikide õpilastega viis teste läbi magistritöö autor, mistõttu tingimused olid kõikidel uuringus osalenud õpilastel ühesugused. Testide täitmisel abivahendeid õpilased kasutada ei saanud;
- 4) Teste viidi läbi füüsikatunni raames koolipäeval, vastamiseks oli aega 45 minutit;
- 5) Aineõpetaja ega kaasõpilased ei saanud vastajaid mõjutada, teste viis läbi kõikidele õpilastele ühtsetel tingimustel magistritöö autor;
- 6) Kõik uuringus osalenud õpilased õpivad sama õppekava alusel;
- 7) Ükski õpilane ei saanud uuringus osalemise eest hindelist tasu.

## 2.6 Andmeanalüüs

Vastajate tulemused sisestati programmi SPSS 22 kujul, et õige vastus on 1 ja vale 0. Küsimusi sisaldavate veergude nimed moodustati kujul teema tähis (T - teisendamine, F - füüsikaline suurus ja X - tundmatu), järjekorra number teema sees ja küsimuse alamteema järjekorra numbri tähis (a, b, c jne), vastavaid veeru koode on alljärgnevas töös vajadusel kasutatud viidetena vastavatele tabeliveergudele. Kolme peamise uuringuküsimuse kontrolliks arvutati neist õigetest ja valedest vastustest kolm uut summeeritud tunnust, vastavalt teisendamistest tunnus TEISEND, füüsikaliste suuruste leidmisest tunnus FYYSIK ja tundmatu leidmisest tunnus TUNDMATU. Uurimisküsimuste kontrolliks viidi läbi tunnuste vaheliste korrelatsioonide leidmine, kusjuures vaatluse alla võeti kolm eelpoolnimetatud

arvutatud tunnust ja klass ning kontrolliks taustandmetest sugu, füüsika- ja matemaatika hinded.

### 3. Uurimuse analüüs

#### 3.1 Tulemused ja analüüs

Esmase vaatluse alla võeti kolm andmetöötluse raames moodustatud summeeritud tunnust (Tabel 1).

**Tabel 1.** Õigete vastuste andmed teemade summeeritud tunnuste lõikes

	N	Vahemik	Miinumum	Maksimum	Keskmine	Standard -hälve	Varieeruvus
TEISEND	100	16,00	2,00	18,00	10,0900	3,70666	13,739
FYYSIK	100	14,00	,00	14,00	4,2600	3,88631	15,103
TUNDMATU	100	8,00	1,00	9,00	7,1900	2,14474	4,600
N (nimekirjast)	100						

Nagu andmetest lähtub, ei ole ükski vastanu saavutanud maksimaalset 42 õiget vastust ja eraldi kontroll risttabelitega näitas, et maksimaalseks õigete vastuste arvuks oli 39, samuti selgus risttabelitest, et 11. klassi õpilased andsid rohkem maksimumilähedasi tulemusi füüsikaliste suuruste ja tundmatu leidmisel. Uurimisküsimuste kontrolliks viidi läbi tunnuste vaheliste korrelatsioonide leidmine, kusjuures vaatluse alla võeti kolm eelpoolnimetatud arvatud tunnust ja klass ning kontrolliks taustandmetest sugu, füüsika- ja matemaatika hinded. Iga küsimuse aluseks olevale tunnusele püstitati nullhüpotees  $H_0$ , mille järgi korrelatsioonikordaja  $r=0$  ja sisukas hüpotees  $H_1$ , mille järgi on  $r \neq 0$ . Teiste sõnadega, et kui kehtib nullhüpotees, siis klasside näitajad ei erine, kui sisukas hüpotees, siis klasside näitajad erinevad vastavate teemade puhul. Kokku püstitati seega kolm null- ja kolm sisukat hüpoteesi. Nende hüpoteeside abil selgitatakse välja, kas klasside vahel on statistiliselt olulisi erinevusi erinevate ülesannete lahendamisel. Alljärgnevas tabelis 2 on esitatud saadud tulem.

**Tabel 2.** Taustaandmete ja summeeritud tunnuse korrelatsioonid

		Correlations						
		Sugu	Klass	FÜS_HINNE	MAT_HINNE	TEISEND	FYYSIK	TUNDMATU
Sugu	Pearson Correlation	1	-,020	,219*	,234*	,098	,173	-,015
	Sig. (2-tailed)		,843	,028	,019	,333	,085	,885
	N	100	100	100	100	100	100	100
Klass	Pearson Correlation	-,020	1	-,256*	-,256*	,052	,564**	,286**
	Sig. (2-tailed)	,843		,010	,010	,611	,000	,004
	N	100	100	100	100	100	100	100
FÜS_HINNE	Pearson Correlation	,219*	-,256*	1	,729**	,511**	,170	,119
	Sig. (2-tailed)	,028	,010		,000	,000	,090	,237
	N	100	100	100	100	100	100	100
MAT_HINNE	Pearson Correlation	,234*	-,256*	,729**	1	,468**	,173	,163
	Sig. (2-tailed)	,019	,010	,000		,000	,085	,104
	N	100	100	100	100	100	100	100
TEISEND	Pearson Correlation	,098	,052	,511**	,468**	1	,489**	,324**
	Sig. (2-tailed)	,333	,611	,000	,000		,000	,001
	N	100	100	100	100	100	100	100
FYYSIK	Pearson Correlation	,173	,564**	,170	,173	,489**	1	,418**
	Sig. (2-tailed)	,085	,000	,090	,085	,000		,000
	N	100	100	100	100	100	100	100
TUNDMATU	Pearson Correlation	-,015	,286**	,119	,163	,324**	,418**	1
	Sig. (2-tailed)	,885	,004	,237	,104	,001	,000	
	N	100	100	100	100	100	100	100

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Klassi näitajate kontrollil selgus, et ühikute teisendamisel ei leidnud kinnitust ühikute teisendamise sisukas hüpotees, samas füüsikaliste suuruste avaldamise ja tundmatu leidmise sisukad hüpoteesid leidsid kinnitust. Nii suuruste avaldamise kui tundmatu leidmise puhul on klassi ja vastava tunnuse vahel kas tugev või keskmine positiivne korrelatsioon, vastavalt 0,564 ja 0,286, vastavate korrelatsioonikordajate puhul on p väärtus [Sig. (2-tailed)] väiksem kui 0,05, ehk antud korrelatsiooni juhuslikkuse tõenäosus on väiksem kui 5%. Positiivne korrelatsioon näitab, et konkreetsetel juhtudel on 11. klassis õppinutel oluliselt paremad tulemused võrreldes 8. klassis õppinutega. Antud olukorda kinnitavad ka teemade summeeritud tunnuste kirjeldavad statistikud (Tabelid 3 ja 4), milledest on näha ka, et füüsikaliste suuruste leidmise osas on klassid keskmisest näitajast lähtudes kõige suurema erinevusega (keskmiste erinevus  $6,44-2,08=4,36$ ), millele järgneb tundmatu leidmine ( $7,80-6,58=1,28$ ) ning kõige sarnasemad on teisendamiste läbiviimised ( $10,28-9,90=0,38$ ).

**Tabel 3.** Õigete vastuste andmed teemade summeeritud tunnuste lõikes 8. klass

	N	Vahemik	Miinumum	Maksimum	Keskmine	Standard- hälve	Varieeruv us
TEISEND	50	12,00	5,00	17,00	9,9000	3,44194	11,847
FYYSIK	50	8,00	,00	8,00	2,0800	2,50583	6,279
TUNDMATU	50	8,00	1,00	9,00	6,5800	2,57214	6,616
N (nimekirjast)	50						

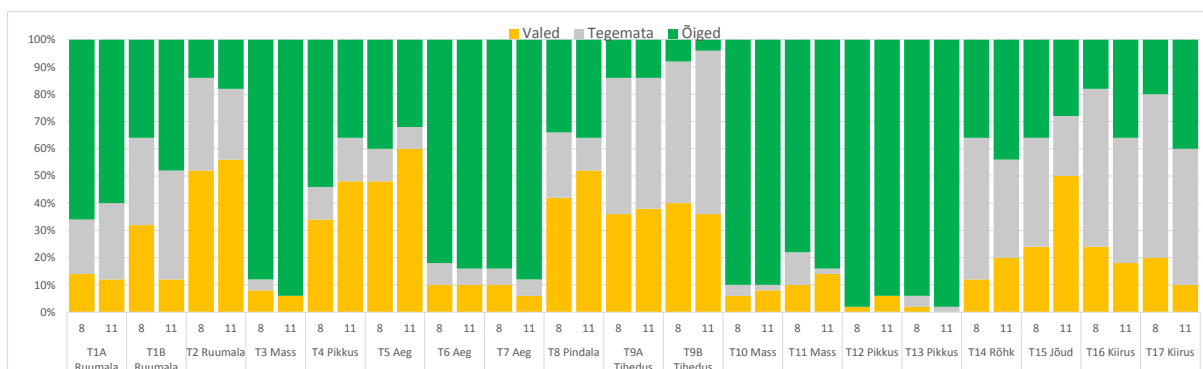
**Tabel 4.** Õigete vastuste andmed teemade summeeritud tunnuste lõikes 11. klass

	N	Vahemik	Miinumum	Maksimum	Keskmine	Standard- hälve	Varieeruv us
TEISEND	50	16,00	2,00	18,00	10,2800	3,97974	15,838
FYYSIK	50	13,00	1,00	14,00	6,4400	3,81276	14,537
TUNDMATU	50	6,00	3,00	9,00	7,8000	1,38505	1,918
N (nimekirjast)	50						

Järgnevalt võetakse vaatluse alla iga teemagrupp eraldi selgitamiseks välja nende siseseid eripärasid.

### 3.2 Teisendamiste oskuse sõltuvus klassist

Testi esimeses osas kontrollitakse 8. ja 11. klasside õpilaste ühikute teisendamise oskust. Test koosnes 17-st ülesandest ning 19-st teisendusest. Käesoleva magistritöö autor koostas iga küsimuse kohta tabeli (Lisa 3), milles on välja toodud õigete ja valede vastuste osakaalud, vastamata jätmised ning tüüpvead klasside lõikes, vastavad protsendid on esitatud ülevaatlikult esitatud graafikus 1. Samuti sai õigete ja valede vastuste osas teostatud korrelatsioonanalüüs (Lisa 4).



**Joonis 1** Õigete ja valede vastuste osakaalud teisendamistel 8. ja 11. klass

Analüüsidest õpilaste tööd ilmsel, et kõige keerulisemaks kujunes õpilastele tihedusühikute teisendamine (Joonis 1), kus 11. klassi õpilastest sai üheksanda ülesande teise teisendusega (SPSS veeru kodeering T9B) g/cm<sup>3</sup> hakkama ainult 4 %, kaheksandikel oli vastav näitaja 8%. Ülesande 9 esimesele teisendusele (T9A) kg/dm<sup>3</sup> andsid mõlemas vanuserühmas õige vastuse kõigest 14% testis osalenud õpilastest. Seejuures kui õpilane oli esimese teisendamise juba valesti lahendanud, siis oli ka teine teisendus üheksal juhul kümnest valesti lahendatud (Tabel 5). Tihedusühikute teisendamise oskus on vajalik nii keemias kui ka füüsikas, mistõttu autor järeldab oma testi põhjal, et selle oskuse puudumine võibki olla üheks põhjuseks, miks neid kahte õppeainet väga raskeks peetakse.

**Tabel 5** Tiheduse teisendamise vastuste jaotumine klasside lõikes

T1A * T1B * Klass Crosstabulation											
		8. klass			11. klass			Kokku			
		T1B		Kokku	T1B		Kokku	T1B		Kokku	
		Vale	Õige		Vale	Õige		Vale	Õige		
T1A	Vale	Vastanuid	15	2	17	19	1	20	34	3	37
		rea %	88,2%	11,8%	100,0%	95,0%	5,0%	100,0%	91,9%	8,1%	100,0%
		veeru %	46,9%	11,1%	34,0%	73,1%	4,2%	40,0%	58,6%	7,1%	37,0%
		Üld %	30,0%	4,0%	34,0%	38,0%	2,0%	40,0%	34,0%	3,0%	37,0%
	Õige	Vastanuid	17	16	33	7	23	30	24	39	63
	rea %	51,5%	48,5%	100,0%	23,3%	76,7%	100,0%	38,1%	61,9%	100,0%	
	veeru %	53,1%	88,9%	66,0%	26,9%	95,8%	60,0%	41,4%	92,9%	63,0%	
	Üld %	34,0%	32,0%	66,0%	14,0%	46,0%	60,0%	24,0%	39,0%	63,0%	
Kokku	Vastanuid	32	18	50	26	24	50	58	42	100	
	rea %	64,0%	36,0%	100,0%	52,0%	48,0%	100,0%	58,0%	42,0%	100,0%	
	veeru %	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	Üld %	64,0%	36,0%	100,0%	52,0%	48,0%	100,0%	58,0%	42,0%	100,0%	

Suuri raskusi valmistas ka 2. ülesanne, kus kontrolliti õpilaste ruumalaühikute teisendamise oskust, antud ülesanne vajab ka teadmist, et 1 liiter võrdub 1 kuupdetsimeetriga. Sellega said hakkama ainult 14% testis osalenutest. Ruumalaühikute teisendamine on loodusteaduste kirjeldamises oluline praktiline oskus (nt söögitegemisel, ehitustöödel, siseviimistlustöödel jne).

Raskeks osutus testis osalenute seas ka kiirusühikute teisendamine, nendele küsimustele jättis enamik vastajaid vastamata. See on ainus teema, milles ilmsel statistiliselt oluline seos klassi ja teisendamise vahel, nii on küsimusel 16 korrelatsioonikordaja 0,203 ja küsimusel 17 vastavalt 0,218, samas on küsimuse 16 p väärtus 0,043 ja küsimuse 17 p väärtus on 0,029 ning seeläbi saab öelda, et 11. klassi õpilased on kiiruse ülesannete lahendamisel edukamad kui kaheksandikud. Võimalik põhjus võib peituda selles, et kiiruse teema on eelnevalt olnud 10. klassi füüsika õppekavas. Põhjus võib peituda ka asjaolus, et suur osa 11. klassi õpilastest on just sellises vanuses, kus hakatakse autojuhi lube tegema, mistõttu muutub arusaam antud ühikust ja kiiruse definitsioonist läbi praktilise kogemuse lihtsamaks ja loogilisemaks, ei ole enam abstraktne.

Raskeks osutus testi osalenute seas ka komakohaga aja teisendamine, nii anti 1,2-le tunnile 39 õpilase poolt vastuseks 80 minutit. Siin võib olla mitmeid põhjuseid, nii on näiteks mitmete internetis olevate lehekülgedel komme kujul 1,2 tundi esitada 1 tundi ja 20 minutit, kuid selle suhteliselt lihtsa küsimuse madala õigete vastuste osakaalu probleematika vajaks täpsemaks mõistmiseks eraldi uuringut.

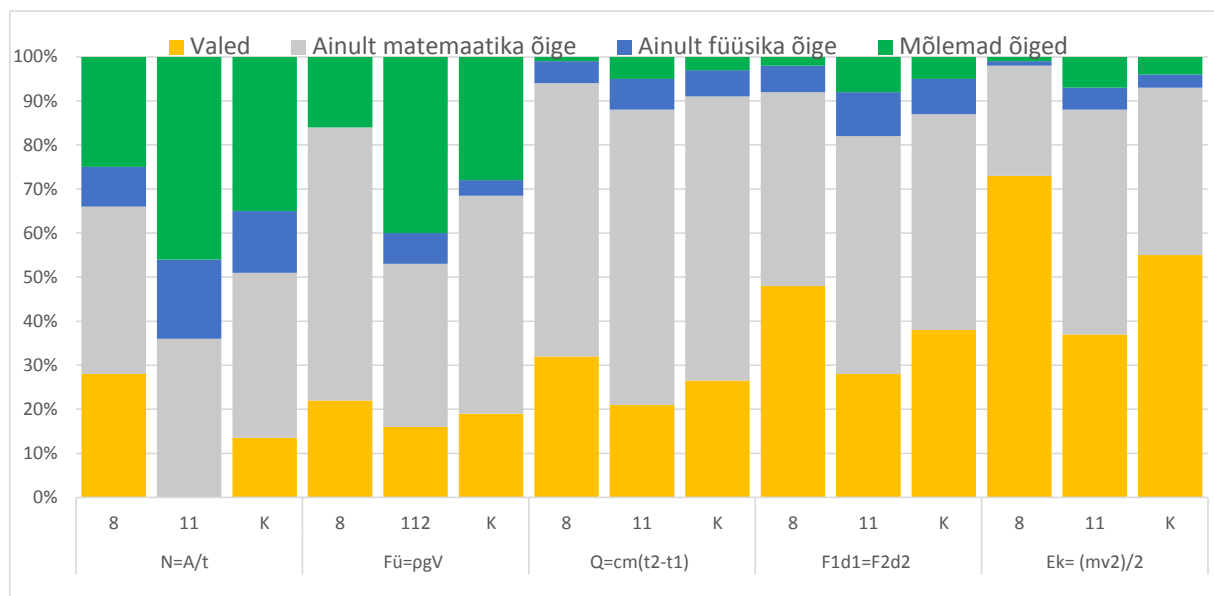
Kõige paremini said testis osalenud õpilased hakkama pikkusühikute teisendamisega, seda kajastavad ülesanded 12 ja 13.

### **3.3 Valemite avaldamise sõltuvus klassist**

Testi teises ja kolmandas osas kontrolliti 8. ja 11. klasside õpilaste valmite avaldamise oskust. Testi teine osa koosnes 6-st valemist, kus oli vaja avaldada füüsikalised suurused 14 juhul. Testi kolmandas osas tuli leida üheksa ülesande raames üheksa matemaatilist tundmatut, kusjuures igale tundmatu leidmise valemile vastas vähemalt üks füüsikalise suuruse avaldamise valem (Tabel 6). Käesoleva magistritöö autor koostas iga küsimuse kohta tabeli, milles on välja toodud õigete vastuste osakaalud füüsikaliste suuruste, tundmatute leidmise ning mõlema ülesande lahendamise osas klasside lõikes (Lisa 5). Samuti sai õigete ja valede vastuste osas läbi viidud korrelatsioonid testi osade põhiselt (Lisad 6 ja 7) ning analoogsete tehete osas (Lisa 8). Joonis 2 annab ülevaate tüüpvalemite ja analoogilise matemaatilise tundmatuga tehete avaldamise oskusest ning nende seostest.

**Tabel 6** Füüsilise suuruse avaldamise ja tundmatu leidmise analoogilisused

SPSS veeru nimetused Füüsika (F)	Füüsikaline valem	Avaldatav füüsikaline suurus	Analoogiline tundmatu leidmine (x=)	SPSS veeru nimetused Tundmatu (X)
F1A	$N = \frac{A}{t}$	A	$30 = x / 3$	X1
F1B		t		
F2	$D = \frac{1}{f}$	f	$1 / x = 0,5$	X2
F3A	$F_u = \rho g V$	p	$x \cdot 2 \cdot 3 = 42$	X3
F3B		h	$16 = 8 \cdot x \cdot 2$	X4
F3C		v		
F4A	$Q = cm(t_2 - t_1)$	c		
F4B		m	$10 \cdot x (5 - 3) = 60$	X5
F4C		t <sub>2</sub>	$60 = 4 \cdot 5 (7 - x)$	X6
F4D		t <sub>1</sub>		
F5A	$F_1 d_1 = F_2 d_2$	F <sub>2</sub>	$5 \cdot 4 = 2 \cdot x$	X8
F5B		d <sub>1</sub>	$3 \cdot x = 2 \cdot 6$	X7
F6A	$E_k = \frac{mv^2}{2}$	m		
F6B		v	$24 = 3 \cdot x^2 / 2$	X9



**Joonis 2** Tüüpvalemitele õigesti vastanute protsendid 8 klass, 11 klass ning kokku

Selgus, et suur osa õpilastest ei oska füüsilis valemite avaldamises seostada seda matemaatikas omandatud reeglitega, suur oli erinevus täpselt sama mehhanismiga ülesannete õigesti

lahendatavuse osas, füüsika valemid avaldati tunduvalt kehvemini, matemaatikaga saadi paremini hakkama. Seejuures joonistub korrelatsioonidest välja olukord, kus samast füüsilisest valemist avaldatavate tunnuste vahel on tugevad positiivsed seosed ning sarnased tugevad seosed on ka vastavate matemaatiliste tundmatute leidmiste vahel, kuid tugev korrelatsioon erinevate füüsiliste suuruste ja matemaatilise tundmatute leidmise vahel on tüüpvalemite komplektides küllalt sageli üht tüüpi tundmatu leidmise ja mitme erineva füüsilise avaldise vahel. Nii on näiteks esimesest füüsilisest valemist  $N=A/t$  leitaval  $A$ -l ning teisest valemist  $D=1/f$  leitaval  $f$ -il keskmised korrelatsioonid valemist  $1/x=0,5$   $x$  leidmisega ( vastavalt  $r=0,266$  ning  $r=0,208$ ). Samas on  $N=A/t$  valemist  $A$  leidmisele analoogia  $30=x/3$  ja seal ei ilmnenud seost ning vaatamata asjaolule, et  $f$  ja  $t$  leidmine on ühel ja samal valemil põhinevad, siis  $t$  leidmisel puudub tugev seos vastava valemiga  $1/x=0,5$ . Sarnased analoogiaga identse seosega identsed tugevaid korrelatiivseid seoseid ei ole ka valemist  $F_{\bar{u}}=pgV$  leitava  $p$  ja sellele analoogse  $x^2 \cdot 3=42$  ning valemist  $Q=cm(t_2-t_1)$  leitava  $t_2$  ning sellele analoogse  $60=4 \cdot 5(7-x)$  vahel, mis kinnitab sama mehhanismiga ülesannete puhul õpilaste analoogia mittetajumist. Füüsiliste valemite  $Q=cm(t_2-t_1)$ ,  $F_1d_1=F_2d_2$  ja  $E_k=(mv^2)/2$  puhul on küll keskmised korrelatsioonid nende ja neile vastavate analoogsete  $10 \cdot x(5-3)=60$  ( $r=0,256$ ),  $5 \cdot 4=2 \cdot x$  ( $r=0,253$ ) ning  $24=3x^2/2$  ( $r=0,204$ ) tundmatute leidmiste vahel, kuid lahendamise näitajad on nii halvad, et konkreetne positiivne seos näitab konkreetsetel juhtudel üldist raskust vastava analoogiaga valemite lahendamisel.

### 3.4 Muud vastajaskonda kirjeldavad parameetrid

Lisaks klassile koguti vastajaid kirjeldavate tunnustena andmeid ka vastaja soo ja füüsika ning matemaatika hinnete kohta (Tabel 7).

**Tabel 7** Vastajate kirjeldavad näitajad

	N	Vahemik	Miinumum	Maksimum	Keskmine	Standard-hälve	Varieeruvus
Sugu	100	1,00	1,00	2,00	1,4500	,50000	,250
Klass	100	3,00	8,00	11,00	9,5000	1,50756	2,273
FÜS_HINNE	100	3,00	2,00	5,00	3,6900	,82505	,681
MAT_HINNE	100	3,00	2,00	5,00	3,8100	,82505	,681
N (nimekirjast)	100						

Korrelatsioonid vastavate vastajat kirjeldavate andmete, küsimuste ja summeeritud tunnuste kohta on esitatud tabelis 2 ning lisades 4 kuni 7, seda koos klassi vastavate näitajatega. Nagu andmetest näha, siis tabelis 1 esitatud summeeritud tunnuse ja soo vahel puuduvad statistiliselt

olulised seosed (Tabel 2), samas hinnete ja algühikute teisendamise vahel on tugev positiivne seos, vastavalt 0,511 füüsika ja 0,468 matemaatika hindega.

Soo ja konkreetse küsimuse vahel on keskmise tugevusega korrelatsioonilised seosed ainult kuubi kujul oleva ruumala teisendamise ( $r=0,208$ ) ning füüsikaliste suuruste  $c$  ( $r=0,265$ ) ning  $F_2$  ( $r=0,242$ ) leidmisega, st tüdrukud said ruumalade teisendamistega ja kahe füüsikalise suuruse leidmisega poistest mõnevõrra paremini hakkama. Teisendamiste ja füüsika ning matemaatika hinnete vahel olid keskmise tugevusega korrelatsioonilised seosed enamiku küsimuste (10 küsimust 19-st) ja füüsika hinde ning enamiku küsimuste (11 küsimust 19-st) ja matemaatika hinde vahel, mis kinnitab baasoskuste ja kooliõpingute tulemuste vahelist seost. See kehtib ka raskeks osutunud tiheduste teisendamisel (füüsika hinde korrelatsioonid tiheduste teisendamistega  $\text{kg/dm}^3$   $r=0,363$  ja  $\text{g/cm}^3$   $r=0,301$  ning matemaatika hinde korrelatsioonid vastavalt teisendamistega  $\text{kg/dm}^3$   $r=0,339$  ja  $\text{g/cm}^3$   $r=0,366$ ,  $p$  väärtus kõigil nimetatud juhtudel mitte üle 0,002).

Hinnete ja valemite avaldamise vahel on neljal juhul keskmise tugevusega korrelatsioon füüsikalise väärtuse leidmise ja füüsika hinde vahel, vastavalt füüsikalised suurused  $t_1$  ( $r=0,198$ ),  $F_2$  ( $r=0,220$ ), ja  $m$  ( $r=0,207$ ) ning  $v$  ( $r=0,207$ ) kineetilise energia valemist  $E_k = (mv^2)/2$ , ning kahel juhul füüsikalise väärtuse ja matemaatika hinde vahel, vastavalt füüsikalised suurused  $t_1$  ( $r=0,221$ ) ja  $F_2$  ( $r=0,269$ ). Täiendavat kinnitust leidis valemite analoogsete tehete puhul tähendatud reeglitega seostamise võime puudumine. Nii on tugevaid korrelatsioone ka hinnete ja tundmatute leidmise vahel, kuid mitte eelpool nimetatud neljale suurusele analoogsete tehete, vaid vastavalt füüsika ja matemaatika hinnete ning tundmatu leidmise ülesande 5 (füüsika hinne  $r=0,212$  ja matemaatika hinne  $r=0,216$ ) vahel, mille analoogiks on  $m$  valemist  $Q = cm(t_2 - t_1)$ , ja tundmatu leidmise ülesande 7 (füüsika hinne  $r=0,231$  ja matemaatika hinne  $r=0,234$ ) vahel, mille analoogiks on  $d_1$  valemist  $F_1 d_1 = F_2 d_2$ , ning matemaatika hinde ja tundmatu leidmise ülesande 3 ( $r=0,225$ ) vahel, mille analoogiks on  $p$  valemist  $F_{\ddot{u}} = pgV$ .

Seega võib tõdeda, et sugu ei ole tulemuste osas määrav, samas paremad hinded on seotud parema teisendamisoskusega.

## 4. Järeldused

Saadud tulemused näitavad, et oluliste füüsikaliste suuruste teisendamise osas ei ole 8. ja 11. klassidel erinevusi, on üksikud teemad, kus 11. klass saavutab mõnevõrra paremaid tulemusi – nt kiirused, seejuures on raskeimateks teemadeks ruumalade ning neil põhinevate tiheduste teisendamised. Valemite avaldamistel ja nendega analoogiliste tundmatu leidmiste puhul saavutasid 11. klassid paremaid tulemusi, samas andsid saadud tulemused kinnituse oletusele, et suur osa õpilastest ei oska füüsikas valemeid avaldades seostada seda matemaatikas omandatud reeglitega.

Uuringu metoodika puhul oleks võimalikuks arenduseks eelneval õppeaastal sarnaseid tulemusi saanud võrdluseks sobivate koolide võrdlemine erinevatel õppeaasta hetkedel – algus, 1. poolaasta lõpp ja õppeaasta lõpp. Kuid ilmselt oleks huvipakkuv ka sama põhimõttega testide (muudetud ainult arvnäitajad) läbiviimine samade õpilastega õppeaasta alguses ja lõpus.

Üheks võimaluseks antud uuringut positiivselt ära kasutada oleks antud uuringu testi läbi viia õppeaasta alguses, et välja selgitada, millised vajalikud matemaatilised ja füüsikalised oskused vajavad arendamist, seda õppekavast sõltumatult ja kevadel siis sama põhimõttega testide (muudetud ainult arvnäitajad) läbiviimine samade õpilastega.

Tulevasteks uuringuteks on üheks huvi pakkuvaks teemaks 1,2 tunni teisendamisel tekkinud probleemid. Aja teisendamine on oluline teema ja õppe kvaliteedi tõstmiseks oleks kasulik teada, et miks nii lihtsa teisendusega sellisel määral probleeme on. Kas on tegu mingisuguse segadust tekitava eeskujuga, nt internetist, või on komakohtade üleviimine 60-el põhinevale mõistetamatu või on tegu mingi muu probleemiga, seda tuleks uurida ja probleemi algpõhjuse leidmise järel saaks selle vea esinemist vähendada.

## Kokkuvõte

Magistritöö esmärgiks oli selgitada välja, millisel määral 8. ja 11. klassi õpilased on omandanud füüsikas vajaminevad elementaarsed matemaatilised pädevused, mida eeldab riiklik õppekava.

Töö teoreetilises osas on tutvustatud mõlema õppeainega seotud teemasid, analüüsitud mõlema õppeaine riiklikke õppekavasid, tutvustatud valemite avaldamist ja mõõtühikute teisendamist ning matemaatilise pädevusega kaasnevaid probleeme.

Leidmaks vastuseid uurimisküsimustele koostati test, mis koosnes kolmest osast. Esimene osa kontrollis õpilaste ühikute teisendamise oskust, teises osas füüsika valemite avaldamise oskust ning kolmandas osas kontrolliti, kuidas saab õpilane matemaatikas tuntud tundmatute abil füüsika tunnis samalaadsete tehetega paremini hakkama. Testide analüüsimise põhjal saadi kinnitust oletusele, et peamine põhjus, miks füüsika on üks raskemaid õppeaineid, seisnebki asjaolus, et takistavaks faktoriks on matemaatilised oskused.

Vastamaks esimesele uurimisküsimusele – Mil määral on 8. ja 11. klasside õpilased omandanud mõõtühikute teisendamise oskuse? – võib väita, et õpilaste teisendamisoskused on murettekitavad, kõige suuremad probleemid kaasnesid tihedusühikute ning ruumalaühikute teisendamisega, probleemiks on ka eesliidete ja neile vastavate kordsuste mitte teadmine.

Otsides vastet teisele uurimisküsimusele – Mil määral on 8. ja 11. klasside õpilased omandanud füüsika valemite avaldamise oskuse? – analüüsiti testi tulemusi. Selgus, et suur osa õpilastest ei oska füüsikas valemite avaldamist seostada seda matemaatikas omandatud reeglitega, suur oli erinevus täpselt sama mehhanismiga ülesannete õigesti lahendamise osas, füüsika valemite avaldamist tundus kehvemini, matemaatikas tuntud tundmatutega saadi paremini hakkama (vt Lisad).

Vastamaks kolmandale uurimisküsimusele – Mil määral erinevad 8. ja 11. klasside õpilaste tulemused koolifüüsikas vajaminevate pädevuste osas? – võib väita, et teisendamisoskuste osas ei olnud suurt erinevust 8. ja 11. klasside vahel, oli ülesandeid, millega said 8. klasside õpilased paremini hakkama ning vastupidi. On üksikud teemad, kus 11. klass saavutab mõnevõrra paremaid tulemusi – nt kiirused. Valemite avaldamistel ja nendega analoogiliste tundmatu leidmistel saavutasid 11. klassid paremaid tulemusi.

Autori arvates võiks ühikute teisendamine olla igas klassis üks matemaatika õppekava osa, sellega matemaatikas tegeletakse ainult esimeses ja teises kooliastmes, autori arvates on sellel perioodil see õpilaste jaoks liiga abstraktne ja seetõttu jääb see ka hiljem paljudele

arusaamatuks. Õppekava tuleks arendada selles suunas, et kooskõlastada matemaatika ja füüsika õpetamist.

## **Tänuõnad**

Täna oma magistr töö juhendajat Svetlana Ganinat ja konsultanti Henn Voolaidu. Tänuõnad kuuluvad ka Elva Gümnaasiumi kollegidele Krista Ummikule ning Tarmo Pentile, kes olid abiks inglise keelse kokkuvõtte korrektuuride tegemisel ning arvutiprogrammide kasutamisel, kui tekkis probleeme. Tänu kuuluvad ka Elva Gümnaasiumi õpilastele ning minu perekonnale, kes kannatlikult võimaldasid mul tööga lõpuni jõuda.

## Kasutatud allikad

**Adamberg, T., Ivan, T., Masik, J., Juur, A. (2012).** 6. klassi loodusõpetus. Avita, AS Bit

**Anderson, J.R. (1993).** Rules of Mind Hillsdale, New Jersey.

**Aru, J., Korjus, K. ja Saar, E. (2013)** Matemaatika õhtuõpik OÜ Hea Lugu. 23.

**Battista, M. T. (2011).** *Conceptualizations and Issues Related to Learning Progressions, Learning Trajectories, and Levels of Sophistication. The Mathematics Enthusiast*, 8(3), 507–570.

**Blanco, J. L. jt. (2004).** *Cognition and Affect in Mathematics Problem Solving with Prospective Teachers. The Mathematics Enthusiast. Vol 10, pp. 335-367.* [http://www.math.umt.edu/tmme/vol10no1and2/13-Blanco-et%20al\\_pp335\\_364.pdf](http://www.math.umt.edu/tmme/vol10no1and2/13-Blanco-et%20al_pp335_364.pdf) (27.05.2016)

**Caballero A. jt.** Problem Solving and Emotional Education in Initial Primary Teacher Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 2011, 7(4), pp. 281-292

**Curry, M., Mitchelmore, M. ja Outhred, L. (2006).** *Development of Children's Understanding of Length, Area, and Volume Measurement Principles. In J. Novotna, H. Moraova, M. Kratka & N. Stehlikova (Eds.), Proceedings on the 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Volume 2. Czech Republic: Atelier Guimaec. 441- 447.*

**Doig, B., Williams, J., Wo, L. & Pampaka, M. (2006).** *Integrating Errors into Developmental Assessment: "Time" for ages 8- 13. In J. Novotna, H. Moraova, Matemaatikaalased teadmised 27 M. Kratka & N. Stehlikova (Eds.), Proceedings on the 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Volume 2. Czech Republic: Atelier Guimaec. 441- 447.*

**Dossey, J. A. jt. (2002).** *Mathematics Methods and Modeling for Today's Mathematics Classroom. A Contemporary Approach to Teaching Grades 7-12.*

**Statistika** **üldharidusvaldkonnas** **2015/2016**  
[http://www.hm.ee/ehis/statistilised\\_tabelid/download.php?file=alus\\_yld\\_oppeasutused\\_oppurid.xlsx](http://www.hm.ee/ehis/statistilised_tabelid/download.php?file=alus_yld_oppeasutused_oppurid.xlsx) (vaadatud 12.04.2016)

**Füüsika, wikipedia** <http://et.wikipedia.org/wiki/F%C3%BC%C3%Bcsika> (vaadatud 15.05.2015)

**Gall, M. D., Borg, W. R., Gall, J. P. (1996).** *Educational Research (6th ed.)*. White Plains, NY: Longman Publishers USA.

**Ghazali, N. H. C. ja Zakaria, E. (2011).** *Students' Procedural and Conceptual Understanding of Mathematics*. *Australian Journal of Basic & Applied Sciences*, 5 (7), 684-691.

**Hankov, K. (2011).** Füüsika ja matemaatika ülesanded omavahelises võrdluses. [http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/31405/tajur\\_triin.pdf](http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/31405/tajur_triin.pdf) (vaadatud 15.04.2016)

**Jaaniste, J. (2012).**

<http://www.cs.tlu.ee/filcore/wp-content/uploads/2012/05/F%C3%BC%C3%BCsika-meetod-ja-keel.pdf> (vaadatud 10.12.2015).

**Jaansalu, M-L. (2011).**

[http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/31411/jaansalu\\_mari\\_liis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/31411/jaansalu_mari_liis.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (vaadatud 20.04.2016)

**Jukk, K., Arak, T., Kokk, K., Jürimäe, M. (2013).** Põhikooli matemaatika ainekavade võrdlus: Eesti võrrelduna Bulgaaria, Inglismaa, Ontario (Kanada), Singapuri ja Uus-Meremaaga

[http://www.curriculum.ut.ee/sites/default/files/sh/aruanne\\_põhikooli\\_matemaatika\\_ainekavade\\_võrdlus.pdf](http://www.curriculum.ut.ee/sites/default/files/sh/aruanne_põhikooli_matemaatika_ainekavade_võrdlus.pdf) (vaadatud 12.04.2016).

**Karu, G. (1996).**

[http://matdid.edu.ee/joomla/images/materjalid/artiklid/rakendused/km15\\_karu.pdf](http://matdid.edu.ee/joomla/images/materjalid/artiklid/rakendused/km15_karu.pdf) (vaadatud 12.04.2016)

**Kerikmäe, I. (2012).**

<http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/25966/Kerikmae.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (vaadatud 15.05.2015)

**Kokin, E. (2003).** Mõõtmised, andmetöötlus ja mudelid põllumajanduses, Eesti Põllumajandusülikooli põllumajandusenergeetika instituut, trükitud kirjastuses AS Elmatar

**Innove, (2015)**

[http://www.ekk.edu.ee/vvfiles/0/Kokkuvõtte\\_keemia6petajate\\_kysitlusest\\_2005.pdf](http://www.ekk.edu.ee/vvfiles/0/Kokkuvõtte_keemia6petajate_kysitlusest_2005.pdf) (vaadatud 12.04.2016)

**Korhonen, H. (2005).** Füüsika Soome põhikoolis. *Haridus* 2005/9. 18.

**Laanpere, M. (2009).** Uurimistöö alused. Uurimistöö meetodid.  
<http://www.slideshare.net/martlaa/uurimismeetodid-1> (vaadatud 07.04.2016)

**Leego, T., Vedler, L. ja Vedler, S. (2002),** Matemaatika õpik kutseõppeasutustele, Tartu AS Atlex 2002

**Leppäaho, H. (2007).** *Väriä matematiikan ja ongelmanratkaisutaidon opetukseen. Dimensio* 71 (3), 30–34.

**Lindgren, S. 2004.** *Voidaanko matematiikka-asenteita muuttaa? Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen, ja P. Malinen (toim.) Matematiikka – näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen.* Huvaskyla: Niilo Mäki Instituut

**Longman Dictionary.** Available <http://www.ldoceonline.com/dictionary/knowledge>  
(vaadatud 7.04.2016)

**Maila, M. (2005).**

<http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/938/maila.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

(vaadatud 15.05.2016)

**Martio, O. (2004).** <http://www.tieteessatapahtuu.fi/0404/martio.pdf> (vaadatud 15.05.2016)

**Mikk, J. (2002).** Ainetestid. Loengukonspekt TÜ üliõpilastele, Tartu.

**Muotka, S. (2012)**

<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/36429/gradu18.8.pdf?sequence=2> (vaadatud 15.05.2016)

**Orton, A. (2004).** *What Cognitive Demands Are Made in Mearning Mathematics? In Learning Mathematics: Issues, theory and classroom practice,* (13- 26). London: Continuum

**Owens, K. ja Outhred, L. (2006).** *The Learning of Geometry and Measutement. In A. Gutierrez, P. Boero (Eds.), Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future .UK: Sens Publisher. 83-105.*

**Peil, I. (2011).** [http://www.syg.edu.ee/~peil/10\\_fla/4/4\\_2.html](http://www.syg.edu.ee/~peil/10_fla/4/4_2.html) (vaadatud 10.12.2015)

**Piettilä, A. (2002).** <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/kas/opett/vk/pietila/luokanop.pdf>  
(vaadatud 28.05.2016)

**Pilli, E ja Kuusk, T. (2012).** Riilike õppekavade uuendamine 2010- 2013. Eriala- ja üldharidusõpingute lõimimine kutseõppes.

[http://www.ekk.edu.ee/vvfiles/0/l6imimise\\_juhendmaterjal\\_kokku.pdf](http://www.ekk.edu.ee/vvfiles/0/l6imimise_juhendmaterjal_kokku.pdf) (vaadatud 28.05.2016).

**Pjorõskin, A., Mintšenkov, J., Krauklis, V., Karpinski, G. (1966).** Füüsika VI klassile. Tallinn.

**Puolimatka, T. (1999).** *Kasvatus ja filosoфия.* 3. väljaanne. Helsinki: Kirjayhtymä.

**Põhikooli riiklik õppekava (PRÕK).(2011).** Riigi Teataja I, 29.08.2014, 20. (vaadatud 10.11.2015)

**Pärtel, E. & Ööpik, E. (1998).** Õppeainete integratsioonist. Rmt. Tenno, T. (Koost.). Hariduse sisu ja kvaliteet. Tallinn. 15-17.

**Pullerits, R. ja Mölder M. (2000).** Keemiaülesannete lahendamine. Avita.

**Raig, M. (2013).** Kutseõppeasutuste õpilaste füüsika eelteadmised Tartu Kutsehariduskeskuse näitel.

[http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/30535/Marge\\_Raig.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/30535/Marge_Raig.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
(vaadatud 12.12.2015).

**Reimann, T. (1995).** Kaheksanda klassi õpilaste füüsikaalased eelteadmised ja nende vastavus õpiku autorite ootustele. Magistritöö. Tartu Ülikool.

**Reiska, P., Rohtla, K. (2014).** Interdistsiplinaarsus loodusainete õppimisel ja õpetamisel. Paradigmaatilised suundumused loodusainete õpetamisel üldhariduskoolis, 71-83.

**Reyes, L. H. (1980).** Attitudes and mathematics. In: M. M. Linnquist (ed). *Selected issues in mathematical education*. Evaston, National Society for the Study of Education. 161-184.

**Räsänen, P., Ahonen, T. (2004).** *Oppimisvaikeudet matematiikassa — Neuropsykologinen näkökulma. Teoksessa Matematiikka — näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen*. Soome, Huväsküla: Niilo Mäki Instituut (lk 274– 300).

**Ryan, J., Williams, J. (2007).** *Children's Mathematics 4-15: Learning from Errors and Misconceptions*. McGraw Hill: Open University Press.

**Sarenius, V-M.** <http://www.kotu oulu.fi/projektit/hokes/docs/matskut/Matematiikan-oppimisvaikeuksista-sarenius.pdf> (vaadatud 28.05.2016)

**Schwabe, L., Bohringer, A., Chatterjee, M., ja Schachinger, H. (2008).** *Effects of pre-learning stress on memory for neutral, positive and negative words: Different roles of cortisol and autonomic arousal*. *Neurobiology of Learning and Memory*, 90. 44 – 53.

**Statistikaamet RV0212: RAHVASTIK AASTA ALGUSES JA AASTAKESKMINE RAHVAAARV SOO JA VANUSE JÄRGI** [http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=RV0212&ti=RAHVASTIK+AASTA+ALGUSES+JA+AASTAKESKMINE+RAHVAAARV+SOO+JA+VANUSE+J%C4RGI&path=../Database/Rahvastik/01Rahvastikunaitajad\\_ ja\\_koosseis/04Rahvaarv\\_ ja\\_rahvastiku\\_koosseis/&lang=2](http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=RV0212&ti=RAHVASTIK+AASTA+ALGUSES+JA+AASTAKESKMINE+RAHVAAARV+SOO+JA+VANUSE+J%C4RGI&path=../Database/Rahvastik/01Rahvastikunaitajad_ ja_koosseis/04Rahvaarv_ ja_rahvastiku_koosseis/&lang=2)  
(27.5.2016).

**Tammiksaar, K. (2010).**

[http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/15258/tammiksaare\\_KL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/15258/tammiksaare_KL.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (vaadatud 15.05.2016)

**Tarkpea, K. (2010).** Füüsika õppekava on muutunud põhimõtteliselt. *Haridus* 2010/3. 35-38.

**Tarkpea, K. , Peil, I. (2014).** <http://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/17#bookcontents>  
(vaadatud 15.03.2016)

**Tarkpea, K. ja Voolaid, H. (2002).** Füüsika Käsiraamat. Koolibri.

**Tartu Ülikooli matemaatika õppekava (2014)** <http://www.ut.ee/et/ut-oppekavad/matemaatika> (vaadatud 28.12.2014)

**Trochim, W. (2006).** *Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition.*  
<http://www.socialresearchmethods.net/kb/relandval.php> (vaadatud 12.04.2016)

**Vaikjärv, T. (2009).** Füüsika Ülesannete keerukuse hindamine  
[.http://www.fi.tartu.ee/loputood2009/opetaja/Fyysikaylesannete%20keerukuse%20hindamine%20magistritoo%20Vaikjarv.pdf](http://www.fi.tartu.ee/loputood2009/opetaja/Fyysikaylesannete%20keerukuse%20hindamine%20magistritoo%20Vaikjarv.pdf) (vaadatud 28.05.2016).

**Voolaid, H.** Ülesannete lahendamise meetodika.  
[http://www.physic.ut.ee/kfk/meh\\_ylesanded.pdf](http://www.physic.ut.ee/kfk/meh_ylesanded.pdf) (vaadatud 12.12.2015)

## Summary

The purpose of the present MSci paper was to define the level of the basic mathematical competences which must be acquired by the students in order to be able to successfully study physics in forms 8 and 11, whereas a special emphasis was put on the competences suggested by the national curriculum.

In the theoretical part of the paper, the topics covered in both subjects have been introduced, in addition, the analysis of the national curricula of physics and mathematics has been included. In addition, the different ways of expressing formula, the conversion of the measurement units and the problems associated with the development of an individual's mathematical competences have been discussed.

To begin with, a three-part test was compiled to study the students' mathematical competences. Part I studied the students' skills of the conversion of the measurement units, Part II focused on the students' ability to express different formula and Part III checked on the students' ability to apply their mathematical skills used in equations with unknown quantities while solving similar tasks in physics.

The analysis of the test results confirmed the hypothesis posed by the author: the main reason why physics is one of the most difficult subjects for students is the fact that they have not acquired the basic mathematical skills needed to study physics.

The first question posed by the author was: to what extent have the students of forms 8 and 11 acquired the skills of the conversion of measurement units? The results of the research were alarming: the most serious problems occurred in the field of the conversion of the density and volume measurement units, in addition, a great number of students proved unable to remember several mathematical concepts, such as "multiplicity" and the meaning of different prefixes used in mathematics.

Secondly, the author studied the students' ability to express physics formula. Obviously, a great number of students are unable to apply the skills and rules acquired in the mathematics lessons while expressing the formula in physics. There were great differences even in case of tasks of one and the same type that can be solved by the application of the same technique: it appeared that physics formula were expressed much worse than the tasks in which the unknown variable known from the previous mathematics lessons could be applied.

Finally, the third question posed by the author was: what are the differences in the mathematical competences needed to study physics in forms 8 and 11. Surprisingly, there were no big differences between the students of forms 8 and 11. In some tasks, the students of form 8 did even better than those of form 11 and *vice versa*. There were certain topics in which the students of form 11 did considerably better than their younger counterparts – for example, in the tasks related to velocity. Also, the students of form 11 gained better results in the tasks that involved the expression of formula and the determination of analogical unknown variables.

In conclusion, the author of the present MSci paper suggests that the national curriculum should be further developed so that the conversion of measurement units would be part of the study of mathematics in each school year. At the moment, the topic is only dealt with in the first and second stages at basic school. At that level, however, the topic may sound too abstract to the students and that might be the reason why it is so difficult to understand for such a considerable number of students in later years. All in all, it is essential to improve the curriculum so that the teaching of mathematics and physics would be related with each other.

## Lisad

### Lisa 1 Uuring: matemaatiliste oskuste kasutamine füüsikas

Kuupäev:.....

**Sinu andmed:**

**Ma olen:** poiss / tüdruk

**Klass:**.....

**Minu eelmise veerandi, kursuse, semestri või trimestri hinne füüsikas:**.....

**Minu eelmise veerandi, kursuse, semestri või trimestri hinne matemaatikas:**.....

**Uuringu korraldaja:** Geil Siim, Tartu Ülikooli Loodus- ja tehnoloogiateaduskonna gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja magistriõppe üliõpilane.

**Uurimuse eesmärk:** Uurida 8. ja 11. klasside õpilaste matemaatikas omandatud oskuste kasutamist füüsikas.

**Andmete kasutamine:** Uuring on anonüümne. Teie testi andmeid analüüsitakse anonüümselt koos teiste õpilaste tulemustega ning järeldused esitatakse üldises vormis paljude õpilaste koondtulemuste põhjal. Koole omavahel ei võrrelda!

**Konfidentsiaalsus ja andmete kaitse:** Kõik kogutud andmed säilitatakse konfidentsiaalselt ja kasutatakse ainult käesoleva uuringu jaoks kooskõlas Isikuandmete kaitse seadusega. Teil on õigus saada andmeid teostatud uuringu tulemuste kohta.

### 1. Teisenda ühikud.

$$240\,000\text{ mm}^3 = \dots\dots\dots\text{ cm}^3 \dots\dots\dots\text{ l (liiter)}$$

$$0,039\text{ km}^3 = \dots\dots\dots\text{ m}^3$$

$$0,8\text{ kg} = \dots\dots\dots\text{ g}$$

$$3\text{ km } 200\text{ dm} = \dots\dots\dots\text{ m}$$

$$1,2\text{ h} = \dots\dots\dots\text{ min}$$

$$2\text{ h } 45\text{ min} = \dots\dots\dots\text{ min}$$

$$3\text{ ööpäeva } 3\text{ h} = \dots\dots\dots\text{ h}$$

$$2417\text{ cm}^2 = \dots\dots\dots\text{ m}^2$$

$$1700\text{ kg / m}^3 = \dots\dots\dots\text{ kg/dm}^3 \dots\dots\dots\text{ g/cm}^3$$

$$360\text{ g} = \dots\dots\dots\text{ kg}$$

$$0,06\text{ t} = \dots\dots\dots\text{ kg}$$

$$5,6\text{ km} = \dots\dots\dots\text{ m}$$

$$800\text{ m} = \dots\dots\dots\text{ km}$$

$$2000000\text{ Pa} = \dots\dots\dots\text{ MPa}$$

$$4000\text{ kN} = \dots\dots\dots\text{ N}$$

$$30 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \dots\dots\dots \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$135 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \dots\dots\dots \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**TÄNAN!**

2. Avalda valemist füüsikalised suurused. Lehe tagumist poolt võib kasutada mustandina.

$$N = \frac{A}{t} \quad A =$$

$$t =$$

$$D = \frac{1}{f} \quad f =$$

$$F_{\ddot{u}} = \rho g V \quad \rho =$$

$$h =$$

$$V =$$

$$Q = cm(t_2 - t_1) \quad c =$$

$$m =$$

$$t_2 =$$

$$t_1 =$$

$$F_1 d_1 = F_2 d_2 \quad F_2 =$$

$$d_1 =$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad m =$$

$$v =$$

**TÄNAN!**

3. Leia tundmatu väärtus.

1.)  $30 = x \div 3$

x =

.....

2.)  $1 \div x = 0,5$

x =

.....

3.)  $x \cdot 2 \cdot 3 = 42$

x =

.....

4.)  $16 = 8 \cdot x \cdot 2$

x =

.....

5.)  $10 \cdot x (5 - 3) = 60$

x =

.....

6.)  $60 = 4 \cdot 5 (7 - x)$

x =

.....

7.)  $3 \cdot x = 2 \cdot 6$

x =

.....

8.)  $5 \cdot 4 = 2 \cdot x$

x =

.....

9.)  $24 = 3 \cdot x^2 \div 2$

x = .....

**TÄNAN!**

## **LISA 2 Matemaatika ja loodusunete nädalatundide jaotumine eestis kehtiva õppekava järgi**

### **Matemaatika nädalatundide jaotumine kooliastmeti on järgmine:**

I kooliaste – 10 nädalatundi

II kooliaste- 13 nädalatundi

III kooliaste – 13 nädalatundi

IV kooliaste – kitsas matemaatika- 8 kursust

Lai matemaatika –14 kursust

Põhikooli matemaatikaõpetusega taotletakse, et õpilane:

- 1) arutleb loogiliselt, põhjendab, tõestab;
- 2) modelleerib looduses ja ühiskonnas toimuvaid protsesse;
- 3) püstitab ja sõnastab hüpoteese ning põhjendab neid matemaatiliselt;
- 4) töötab välja lahendusstrateegiaid ja lahendab erinevaid probleemülesandeid;
- 5) omandab erinevaid info esitamise meetodeid;
- 6) kasutab õppides IKT vahendeid;
- 7) väärtustab matemaatikat ning tunneb rõõmu matemaatikaga tegelemisest;
- 8) rakendab matemaatikateadmisi teistes õppeainetes ja igapäevaelus.  
(Riigiteataja).

Gümnaasiumi matemaatikaõpetusega taotletakse, et õpilane:

- 1) väärtustab matemaatikat, suudab hinnata ja arvestada oma matemaatilisi võimeid karjääri planeerides;
- 2) on omandanud süsteemse ja seostatud ülevaate matemaatika erinevate valdkondade mõistetest, seostest ning protseduuridest;
- 3) mõistab ja analüüsib matemaatilisi tekste, esitab oma matemaatilisi mõttekäike nii suuliselt kui ka kirjalikult;

- 4) arutleb loovalt ja loogiliselt, leiab probleemülesande lahendamiseks sobivaid strateegiaid ning rakendab neid;
  - 5) püstitab matemaatilisi hüpoteese, põhjendab ja tõestab neid;
  - 6) mõistab ümbritsevas maailmas valitsevaid kvantitatiivseid, loogilisi, funktsionaalseid, statistilisi ja ruumilisi seoseid;
  - 7) rakendab matemaatilisi meetodeid teistes õppeainetes ja erinevates eluvaldkondades, oskab igapäevaelu probleemi esitada matemaatika keeles ning interpreteerida ja kriitiliselt hinnata matemaatilisi mudeleid igapäevaelu kontekstis;
  - 8) tõlgendab erinevaid matemaatilise info esituse viise (graafik, tabel, valem, diagramm, tekst), oskab valida sobivat esitusviisi ning üle minna ühelt esitusviisilt teisele;
  - 9) kasutab matemaatilises tegevuses erinevaid teabeallikaid (mudelid, teatmeteosed, IKT vahendid jne) ja hindab kriitiliselt neis sisalduvat teavet.
- (Riigiteataja)

## Loodusainete nädalatundide jaotumine kooliastmeti

I kooliaste

Loodusõpetus – 3 nädalatundi

II kooliaste

Loodusõpetus – 7 nädalatundi

III kooliaste

Loodusõpetus – 2 nädalatundi 7. klassis

Bioloogia – 5 nädalatundi

Geograafia – 5 nädalatundi

Füüsika – 4 nädalatundi

Keemia – 4 nädalatundi

Põhikooli füüsikaõpetusega taotletakse, et õpilane:

- tunneb huvi füüsika ja teiste loodusteaduste vastu ning saab aru nende tähtsusest igapäevaelus ja ühiskonna arengus;
- on omandanud argielus toimimiseks ja elukestvaks õppimiseks vajalikke füüsikateadmisi ning protsessioskusi;
- oskab probleeme lahendades rakendada loodusteaduslikku meetodit;
- on omandanud ülevaate füüsika keelest ja oskab seda lihtsamatel juhtudel kasutada;
- arendab loodusteadusliku teksti lugemise ja mõistmise oskust, õpib teatmeteostest ning internetist leidma füüsika-alast teavet;
- väärtustab ühiskonna jätkusuutlikku arengut ning suhtub vastutustundlikult loodusesse ja ühiskonda;
- on omandanud ülevaate füüsika seosest tehnika ja tehnoloogiaga ning vastavatest elukutsetest;

- arendab loodusteaduste- ja tehnoloogiaalast kirjaoskust, loovust ja süsteemset mõtlemist ning on motiveeritud elukestvaks õppeks.

Gümnaasiumi füüsikaõppega taotletakse, et õpilane:

- 1) teadvustab füüsikat kui looduse kõige üldisemaid põhjuslikke seoseid uurivat teadust ja olulist kultuurikomponenti;
  - 2) arendab loodusteaduste- ja tehnoloogiaalast kirjaoskust, loovust ning süsteemset mõtlemist;
  - 3) mõistab mudelite tähtsust loodusobjektide uurimisel ning mudelite paratamatut piiratust ja arengut;
  - 4) teab teaduskeele erinevusi tavakeelest ning kasutab teaduskeelt korrektselt loodusnähtusi kirjeldades ja seletades;
  - 5) oskab koguda ja töödelda infot, eristada vajalikku infot ülearusest, olulist infot ebaolulisest ning usaldusväärset infot infomürast;
  - 6) oskab kriitiliselt mõelda ning eristab teaduslikke teadmisi ebateaduslikest;
  - 7) mõistab füüsika seotust tehnika ja tehnoloogiaga ning füüsikateadmiste vajalikkust vastavate elukutsete esindajatel;
  - 8) oskab lahendada olulisemaid kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid füüsikaülesandeid, kasutades loodusteaduslikku meetodit;
  - 9) tunneb ära füüsikaalaseid teemasid, probleeme ja küsimusi erinevates loodusteaduslikes situatsioonides ning pakub võimalikke selgitusi neis esinevatele mõtteseostele;
  - 10) aktsepteerib ühiskonnas tunnustatud väärtushinnanguid ning suhtub loodusesse ja kaaskodanikesse vastutustundlikult.
- ([http://www.fyysika.ee/koolidele/oppekavad/g\\_yldalused/](http://www.fyysika.ee/koolidele/oppekavad/g_yldalused/) , 21.12.2014)

**LISA 3** Teisendamiste vastuste osakaalud ja tüüpvead**Teisendamine 1A** 240 000 mm<sup>3</sup> = 240 cm<sup>3</sup> vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	<b>33 (66%)</b>	<b>30 (60%)</b>
Valed vastused või tegemata	17 (34%)	20 (40%)
sh tegemata (-)	10	14
sh valed vastused	7	6
Vigade tüübid	2400 cm <sup>3</sup> (4 tk) 24 cm <sup>3</sup> (1 tk) 0,24 cm <sup>3</sup> (1 tk) 24000 cm <sup>3</sup> (1 tk)	2400 cm <sup>3</sup> (3 tk) 2,4 cm <sup>3</sup> (1 tk) 0,24 cm <sup>3</sup> (1 tk) 24000 cm <sup>3</sup> (1 tk)

Kokku: Õiged 63% Valed 37%

**Teisendamine 1B** 240 000 mm<sup>3</sup> = 0,24 l (liiter) vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	<b>18 (36%)</b>	<b>24 (48%)</b>
Valed vastused või tegemata	32 (64%)	26 (52%)
sh tegemata (-)	16	20
sh valed vastused	16	6
Vigade tüübid	240 l (7 tk) 2,4 l (5 tk) 24 l (3 tk) 2400 l (1 tk)	24 l (5 tk) 240 000 l (1 tk)

Kokku: Õiged 42 Valed 58%

**Teisendamine 2** 0,039 km<sup>3</sup> = 39 000 000 m<sup>3</sup> vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	7 (14%)	9 (18%)
Valed vastused või tegemata	43 (86%)	41 (82%)
sh tegemata (-)	17	13
sh valed vastused	26	28
Vigade tüübid	39 000 m <sup>3</sup> (9 tk) 39 m <sup>3</sup> (9 tk) 3900 m <sup>3</sup> (5 tk) 0,39 m <sup>3</sup> (2 tk) 390 m <sup>3</sup> (2 tk) 3,9 m <sup>3</sup> (1 tk)	39 m <sup>3</sup> (15 tk) 39 000 m <sup>3</sup> (5 tk) 39 m <sup>3</sup> (2 tk) 0,39 m <sup>3</sup> (2 tk) 3900 m <sup>3</sup> (1 tk) 0,000039 m <sup>3</sup> (1 tk) 0,00039 m <sup>3</sup> (1tk) 3 900 000 m <sup>3</sup> (1 tk)

Kokku: Õiged 16% Valed 84%

**Teisendamine 3** 0,8 kg = 800 g vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	44 (88 %)	47 (94 %)
Valed vastused või tegemata	6 (12 %)	3 (6%)
sh tegemata (-)	2	0
sh valed vastused	4	3
Vigade tüübid	80 g (3 tk) 0,008 g (1 tk)	80 g (1 tk) 0,8 g (1 tk) 0,08 g (1 tk)

Kokku: Õiged 91 % Valed 9 %

**Teisendamine 4** 3 km 200 dm = 3020 m vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	27 (54 %)	18 (36 %)
Valed vastused või tegemata	23 (46 %)	32 (52 %)
sh tegemata (-)	6	8
sh valed vastused	17	24
Vigade tüübid	5000 m (7 tk) 3200 m (6 tk) 3002 m ( 1 tk) 6000 m ( 1 tk) 3,21 m ( 1 tk) 3,02 m ( 1 tk)	3200 m (9 tk) 5000 m (7 tk) 3002 m (5 tk) 32 000 m (1 tk) 3000,2 m (1 tk) 30 m (1 tk)

Kokku: Õiged 46 %      Valed 55 %

**Teisendamine 5** 1,2 h = 72 min vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	20 (40 %)	16 (32 %)
Valed vastused või tegemata	30 (60 %)	34 ( 68 %)
sh tegemata (-)	6	4
sh valed vastused	24	30
Vigade tüübid	80 min (17 tk) 75 min (2 tk) 70 min (2 tk) 90 min (1 tk) 150 min (1 tk) 30 min (1 tk)	80 min (22 tk) 90 min (3 tk) 70 min (3 tk) 0,02 min (1 tk) 75 min (1 tk)

Kokku: Õiged 36 %      Valed 64 %

**Teisendamine 6** 2h 45 min = 165 min vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	41 (82 %)	42 (84 %)
Valed vastused või tegemata	9 (18 %)	8 (16 %)
sh tegemata (-)	4	3
sh valed vastused	5	5
Vigade tüübid	185 min (2 tk) 105 min (2 tk) 105 min (1 tk)	3645 min (1 tk) 105 min (1 tk) 185 min (1 tk) 170 min (1 tk) 145 min (1 tk)

Kokku: Õiged 83%      Valed 17%

**Teisendamine 7** 3 ööpäeva 3 h = 75 h vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	42 (84 %)	44 (88 %)
Valed vastused või tegemata	8 (16 %)	6 (12 %)
sh tegemata (-)	3	3
sh valed vastused	5	3
Vigade tüübid	4323 h (1 tk) 51,94 h (1 tk) 79 h (1 tk)	147 h (1 tk) 72 h (1 tk) 74 ( 1 tk)

Kokku: Õiged 86%      Valed 14%

**Teisendamine 8**  $2417 \text{ cm}^2 = 0,2417 \text{ m}^2$  vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	17 (34%)	18 (36 %)
Valed vastused või tegemata	33 (66 %)	32 (64 %)
sh tegemata (-)	12	6
sh valed vastused	21	26
Vigade tüübid	24,17 m <sup>2</sup> (10 tk) 2,417 m <sup>2</sup> (8 tk) 0,002417 m <sup>2</sup> (2 tk) 241700 m <sup>2</sup> (1 tk)	2,417 m <sup>2</sup> (11 tk) 24,17 m <sup>2</sup> (10 tk) 242 m <sup>2</sup> (3 tk) 20,417 m <sup>2</sup> (1 tk) 4834 m <sup>2</sup> (1 tk)

Kokku: Õiged 35%      Valed 65%

**Teisendamine 9A**  $1700 \text{ kg} / \text{m}^3 = 1,7 \text{ kg/dm}^3$  vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	7 (14 %)	7 (14 %)
Valed vastused või tegemata	43 ( 86 %)	43 (86 %)
sh tegemata (-)	25	24
sh valed vastused	18	19
Vigade tüübid	17 kg/dm <sup>3</sup> ( 7 tk) 170 kg/dm <sup>3</sup> (5 tk) 17000 kg/dm <sup>3</sup> (2 tk) 1700000 kg/dm <sup>3</sup> (2 tk) 1700 kg/dm <sup>3</sup> (1 tk) 0,17 kg/dm <sup>3</sup> (1 tk)	1700 kg/dm <sup>3</sup> (7 tk) 1700000 kg/dm <sup>3</sup> (6 tk) 170 kg/dm <sup>3</sup> ( 3 tk) 17 000 kg/dm <sup>3</sup> (2 tk) 17 kg/dm <sup>3</sup> (1 tk)

Kokku: Õiged 14 %      Valed 86 %

**Teisendamine 9B**  $1700 \text{ kg} / \text{m}^3 = 1,7 \text{ g/cm}^3$  vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	11. kl
Õiged vastused	4 (8 %)	2 (4 %)
Valed vastused või tegemata	46 (92 %)	48 (96 %)
sh tegemata (-)	26	30
sh valed vastused	20	18
Vigade tüübid	1700 g/cm <sup>3</sup> (5 tk) 170 g/cm <sup>3</sup> (3 tk) 17000000 g/cm <sup>3</sup> (2 tk) 17 g/cm <sup>3</sup> (2 tk) 0,17 g/cm <sup>3</sup> (2 tk) 0,017 g/cm <sup>3</sup> (2 tk) 0,017 g/cm <sup>3</sup> (2 tk) 17 000 g/cm <sup>3</sup> (1 tk) 170 000 g/cm <sup>3</sup> (1 tk)	1700 g/cm <sup>3</sup> (6 tk) 170 000 g/cm <sup>3</sup> (3 tk) 0,17 g/cm <sup>3</sup> (2 tk) 1 700 000 000 000 g/cm <sup>3</sup> (2 tk) 0,017 g/cm <sup>3</sup> (2 tk) 0,0017 g/cm <sup>3</sup> (1 tk) 17 g/cm <sup>3</sup> (1 tk) 170 g/cm <sup>3</sup> (1 tk)

Kokku: Õiged 6 %      Valed 94 %

**Teisendamine 10** 360 g = 0,36 kg vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	<b>11. kl</b>
Õiged vastused	45 (90 %)	45 (90 %)
Valed vastused või tegemata	5 (10 %)	5 (10%)
sh tegemata (-)	2	1
sh valed vastused	3	4
Vigade tüübid	3,6 kg ( 2 tk) 36 000 kg(1 tk)	3,6kg (3 tk) 0,036 kg (1 tk)

Kokku: Õiged 90% Valed 10%

**Teisendamine 11** 0,06 t = 60 kg vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	<b>11. kl</b>
Õiged vastused	39 (78 %)	42 (84 %)
Valed vastused või tegemata	11 (22 %)	8 (16 %)
sh tegemata (-)	6	1
sh valed vastused	5	7
Vigade tüübid	6000 kg (1 tk) 6 kg (1 tk) 0,6 kg (1 tk) 600kg (1 tk) 0,06 kg (1 tk)	6 kg (2 tk) 600 kg (1 tk) 0,000061 kg (1 tk)

Kokku: Õiged 81 % Valed 19 %

**Teisendamine 12** 5,6 km = 5600 m vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	<b>11. kl</b>
Õiged vastused	49 (98 %)	47 (94 %)
Valed vastused või tegemata	1 (2 %)	3 ( 6 %)
sh tegemata (-)	0	0
sh valed vastused	1	3
Vigade tüübid	560 m (1 tk)	560 m (2 tk) 0,0056 (1 tk)

Kokku: Õiged 96 % Valed 4 %

**Teisendamine 13** 800 m = 0,8 km vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	<b>11. kl</b>
Õiged vastused	47 (94 %)	49 (98 %)
Valed vastused või tegemata	3 (6 %)	1 (2 %)
sh tegemata (-)	2	1
sh valed vastused	1	0
Vigade tüübid	8 km (1 tk)	-

Kokku: Õiged 96 % Valed 4 %

**Teisendamine 14** 2000000 Pa = 2 MPa vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	<b>11. kl</b>
Õiged vastused	18 (36 %)	22 (44 %)
Valed vastused või tegemata	32 ( 64 %)	28 (56 %)
sh tegemata (-)	26	18
sh valed vastused	6	10
Vigade tüübid	2000 MPa (6 tk) 20 MPa (1 tk)	9 * 10 (12)MPa (3 tk) 20 000 000 MPa (2 tk) 200 MPa (2 tk) 0,002 MPa (2 tk) 2* 10 (21) MPa (1 tk)

Kokku: Õiged 40 %      Valed 60 %

**Teisendamine 15** 4000 kN = 4 000 000 N vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	<b>11. kl</b>
Õiged vastused	18 (36 %)	14 (28 %)
Valed vastused või tegemata	32 ( 64 %)	36 (72 %)
sh tegemata (-)	20	11
sh valed vastused	12	25
Vigade tüübid	4N (4 tk) 400 000 N ( 4 tk) 4000 000 000 N (2 tk) 40 N (1 tk) 0,4 N (1 tk)	4 N (16 tk) 400 000N (3 tk) 40 000 N (2 tk) 400 N (2 tk) 0,004 N (1 tk) 40 N (1 tk)

Kokku: Õiged 32 %      Valed 68 %

**Teisendamine 16** 30 m/s = 108 km/h vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	<b>11. kl</b>
Õiged vastused	9 (18%)	18 (36%)
Valed vastused või tegemata	41 (82%)	32 (64%)
sh tegemata (-)	29	23
sh valed vastused	12	9
Vigade tüübid	0,03 km/h (4tk) 120 km/h 1,8 km/h 8,85 km/h 0,3 km/h (2tk) 10 km/h 30000 km/h 300 km/h	8,3 km/h (3tk) 0,03 km/h (2tk) 0,3 km/h 83 km/h 18 km/h 30 km/h

Kokku: Õiged 27%      Valed 73%

**Teisendamine 17** 135 km/h = 37,5 m/s vastuste osakaalud ja tüüpvead

	<b>8. kl</b>	<b>11. kl</b>
Õiged vastused	10 (20%)	20 (40%)
Valed vastused või tegemata	40 (80%)	30 (60%)
sh tegemata (-)	30	25
sh valed vastused	10	5
Vigade tüübid	60 m/s 4050 m/s 4860000 m/s 135000 m/s (2tk) 1350 m/s 2250 m/s 0,135 m/s 13,5 m/s	486 m/s (3tk) 1,35 m/s 13500 m/s

Kokku: Õiged 30%

Valed 70%

# LISA 4 Teisendamiste korrelatsioonid

		Correlations																													
		Sugu	Klass	FUS_HINNE	MAT_HINNE	T1A	T1B	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9A	T9B	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	TEISEND	FYYSIK	TUNDMATU	KOKKU			
Sugu	Pearson Correlation	1	-.020	.234	.110	.086	.208	-.137	-.142	-.133	.137	.156	.195	.034	.079	.185	-.021	-.082	-.190	-.007	-.022	.098	.173	-.015	.130						
	Sig. (2-tailed)		.843	.028	.109	.275	.398	.038	.174	.921	.456	.159	.186	.174	.120	.052	.741	.432	.066	.839	.417	.059	.947	.829	.333	.085	.885	.197			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Klass	Pearson Correlation	-.020	1	-.256	-.256	-.062	.122	.055	.105	-.181	-.083	.027	.058	.021	.000	-.084	.000	.076	-.102	.102	.082	-.086	.203	.218	.052	.564	.286	.388			
	Sig. (2-tailed)	.843		.010	.010	.539	.228	.590	.299	.072	.410	.793	.569	.836	1.000	.405	1.000	.450	.312	.312	.419	.386	.043	.029	.611	.000	.004	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FUS_HINNE	Pearson Correlation	-.219	-.256	1	.729	.367	.321	.264	.179	.342	.385	.186	.128	.303	.363	.301	.321	.190	.172	-.015	.159	.128	.394	.167	.511	.170	.119	.364			
	Sig. (2-tailed)	.028	.010		.000	.000	.001	.008	.074	.001	.000	.064	.203	.002	.000	.002	.001	.059	.088	.883	.114	.203	.000	.096	.000	.090	.237	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MAT_HINNE	Pearson Correlation	.234	-.256	.729	1	.378	.296	.234	.097	.185	.351	.284	.152	.298	.339	.366	.410	.167	.201	.077	.114	.133	.278	.072	.468	.173	.163	.357			
	Sig. (2-tailed)	.019	.010	.000		.000	.003	.019	.335	.066	.000	.004	.130	.003	.001	.000	.000	.096	.044	.446	.257	.188	.005	.478	.000	.085	.104	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T1A	Pearson Correlation	.110	-.062	.367	.378	1	.526	.278	.048	.194	.185	.039	-.011	.369	.309	.194	.159	.210	.055	.055	.287	.126	.325	.185	.535	.293	.194	.458			
	Sig. (2-tailed)	.275	.539	.000	.000		.005	.632	.054	.063	.699	.916	.000	.002	.054	.115	.036	.587	.587	.004	.211	.001	.065	.000	.003	.000	.003	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T1B	Pearson Correlation	.086	.122	.321	.296	.526	1	.347	.268	.208	.206	.061	.227	.438	.357	.297	.216	.257	.070	.070	.422	.372	.532	.327	.710	.593	.380	.744			
	Sig. (2-tailed)	.398	.228	.001	.003	.000		.000	.007	.038	.040	.543	.023	.000	.000	.003	.031	.010	.487	.487	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T2	Pearson Correlation	.208	.055	.264	.234	.278	.347	1	.137	.154	.184	.125	.176	.366	.217	.119	.055	.211	.089	-.050	.200	.110	.165	.071	.441	.337	-.077	.360			
	Sig. (2-tailed)	.038	.590	.008	.019	.005	.000		.173	.127	.067	.216	.080	.000	.030	.237	.590	.035	.378	.621	.046	.276	.102	.480	.000	.001	.445	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T3	Pearson Correlation	-.137	.105	.175	.097	.048	.369	.137	1	.144	.236	.230	.276	-.136	.127	.079	.245	.204	-.064	.114	.114	.066	.191	.053	.330	.292	.192	.359			
	Sig. (2-tailed)	.174	.299	.074	.335	.632	.007	.173		.153	.018	.021	.005	.179	.208	.432	.014	.042	.526	.258	.258	.515	.057	.598	.001	.003	.056	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T4	Pearson Correlation	-.010	-.181	.342	.185	.194	.208	.154	.144	1	.285	.142	.075	.221	.214	.195	.101	.079	-.021	-.021	.164	.155	.265	.154	.441	.017	.032	.229			
	Sig. (2-tailed)	.921	.072	.001	.066	.054	.038	.127	.153	.432	.000	.159	.456	.027	.032	.052	.320	.432	.839	.839	.103	.123	.008	.123	.008	.123	.865	.748	.022		
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T5	Pearson Correlation	.075	-.083	.385	.351	.186	.206	.184	.236	.285	1	.284	.243	.280	.418	.337	.111	.151	.047	-.060	.281	.334	.389	.236	.586	.187	.255	.446			
	Sig. (2-tailed)	.456	.410	.000	.000	.063	.040	.067	.018	.004	.000	.004	.015	.005	.000	.001	.271	.134	.644	.556	.005	.001	.000	.018	.000	.063	.010	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T6	Pearson Correlation	.142	.027	.186	.284	.029	.061	.125	.230	.142	.284	1	.201	.165	.106	.114	.115	.255	.315	.043	.043	-.032	.215	.236	.372	.154	.078	.276			
	Sig. (2-tailed)	.159	.793	.064	.004	.699	.543	.216	.021	.159	.004		.045	.102	.294	.257	.253	.010	.001	.668	.668	.752	.031	.017	.000	.125	.442	.005			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T7	Pearson Correlation	.133	.058	.128	.152	-.011	.227	.176	.276	.075	.243	.201	1	.054	.163	.102	.442	.392	.359	-.082	-.024	.091	.245	.201	.408	.213	-.072	.283			
	Sig. (2-tailed)	.186	.569	.203	.130	.916	.023	.080	.005	.456	.015	.045	.591	.106	.313	.000	.000	.000	.415	.816	.366	.014	.045	.000	.033	.476	.004				
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T8	Pearson Correlation	.137	.021	.303	.298	.389	.438	.366	-.136	.221	.280	.165	.054	1	.248	.256	.035	.035	.150	.043	.300	.216	.357	.252	.551	.357	.259	.516			
	Sig. (2-tailed)	.174	.836	.002	.003	.000	.000	.000	.179	.027	.005	.102	.591		.013	.010	.730	.732	.137	.672	.002	.031	.000	.012	.000	.000	.000	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T9A	Pearson Correlation	.156	.000	.363	.339	.309	.367	.217	.127	.214	.418	.106	.163	.248	1	.526	.134	.195	.082	.082	.316	.341	.274	.113	.568	.204	.207	.433			
	Sig. (2-tailed)	.120	1.000	.000	.001	.002	.000	.030	.208	.032	.000	.294	.106	.013		.000	.182	.051	.415	.415	.001	.001	.006	.262	.000	.042	.039	.000			
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T9B	Pearson Correlation	.195	-.084	.301	.366	.194	.297	.119	.079	.195	.337	.114	.102	.256	.626	1	.084	.122	.052	.052	.309	.097	.226	.018	.439	.103	.135	.300			
	Sig. (2-tailed)	.052	.405	.002	.000	.054	.003	.237																							

**LISA 5 Tüüpvalemitele õigesti vastanute protsendid****Tüüpvalemi  $N=A/t$  (ka  $D=1/f$ ) õigesti vastanute protsendid**

Klass	8.	11.	Kokku
Füüsikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	34 %	64%	49%
Matemaatikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	63%	82%	72,5 %
% õpilastest, kes avaldasid mõlemad variandid õigesti.	25%	45%	35%

**Tüüpvalemi  $F_{\ddot{u}}=pgV$  õigesti vastanute protsendid**

Klass	8.	11.	Kokku
Füüsikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	16%	47%	31,5%
Matemaatikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	78%	77%	77,5%
% õpilastest, kes avaldasid mõlemad variandid õigesti.	16%	40%	28%

**Tüüpvalemi  $Q=cm(t_2-t_1)$  õigesti vastanute protsendid**

Klass	8.	11.	Kokku
Füüsikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	6%	12%	9%
Matemaatikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	63%	72%	67,5%
% õpilastest, kes avaldasid mõlemad variandid õigesti.	1%	5%	3%

**Tüüpvalemi  $F_1d_1=F_2d_2$  õigesti vastanute protsendid**

Klass	8.	11.	Kokku
Füüsikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	8%	18%	13%
Matemaatikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	46%	62%	54%
% õpilastest, kes avaldasid mõlemad variandid õigesti.	2%	8%	5%

**Tüüpvalemi  $E_k = (mv^2)/2$  õigesti vastanute protsendid**

Klass	8.	11.	Kokku
Füüsikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	2%	12%	7%
Matemaatikas kasutatavate sümbolitega valemite avaldamise oskus, õigesti vastanud õpilaste %.	26%	58%	42%
% õpilastest, kes avaldasid mõlemad variandid õigesti.	1%	7%	4%



# LISA 7 Tundmatu leidmise korrelatsioonid

		Correlations																
		Sugu	Klass	FUS_HINNE	MAT_HINNE	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	TEISEND	FYYSIK	TUNDMATU	KOKKU
Sugu	Pearson Correlation	1																
	Sig. (2-tailed)		,843	,028	,019	,689	,325	,466	,616	,926	,947	,515	,620	,685	,333	,085	,885	,197
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Klass	Pearson Correlation	-.020	1															
	Sig. (2-tailed)	,843		-.256*	-.256*	,058	-.208*	-.175	-.268**	-.140	-.068	,164	-.200*	-.286**	,052	-.564**	-.286**	-.388**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FUS_HINNE	Pearson Correlation	,219*	-.256*	1														
	Sig. (2-tailed)	,028	,010		-.729**	-.012	-.018	,137	,071	,216*	,072	,234*	,024	-.035	,511**	,170	,119	,364**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MAT_HINNE	Pearson Correlation	,234*	-.256*	-.729**	1													
	Sig. (2-tailed)	,019	,010	,000		,012	,018	-.225*	-.055	-.212*	,161	,231*	,067	-.040	,488**	,173	,163	,357**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X1	Pearson Correlation	-.041	,058	-.012	,012	1												
	Sig. (2-tailed)	,689	,569	,906	,906		,411**	,075	-.273**	-.178	-.014	,138	,159	,259**	-.006	,109	,441**	-.175
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X2	Pearson Correlation	-.099	,208*	-.018	,018	,411**	1											
	Sig. (2-tailed)	,325	,038	,856	,856	,000		,398**	,206	-.224*	-.243*	,222	,156	,308**	,061	,153	,566**	-.263**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X3	Pearson Correlation	,074	,175	,137	-.225*	,075	-.398**	1										
	Sig. (2-tailed)	,466	,082	,175	,024	,461	,000		-.294*	-.232*	-.281**	,435*	,367**	-.243*	,159	,229*	,568**	-.350**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X4	Pearson Correlation	,051	,268**	,071	,055	-.273**	-.206*	-.294**	1									
	Sig. (2-tailed)	,616	,007	,480	,584	,006	,040	,003		-.409**	-.234*	,399**	,624**	,413**	,203*	,326**	,889**	-.453**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X5	Pearson Correlation	-.009	,140	,216*	-.212*	,178	-.224*	-.232*	-.409**	1								
	Sig. (2-tailed)	,926	,163	,031	,034	,076	,025	,020	,000		-.291**	,393*	,480**	,306**	-.325*	-.328**	,654**	-.503**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X6	Pearson Correlation	,007	,068	,072	-.161	,014	-.243*	-.281**	-.234*	-.291**	1							
	Sig. (2-tailed)	,947	,504	,476	,109	,888	,015	,005	,019	,003		-.165	-.146	-.331**	,021	,146	,519**	-.227**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X7	Pearson Correlation	,066	,164	-.234*	-.231*	,138	-.222*	-.435**	-.399**	-.393**	-.165	1						
	Sig. (2-tailed)	,515	,104	,019	,021	,170	,027	,000	,000	,000	,102		-.668**	-.312**	-.292**	-.262**	,665**	-.457**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X8	Pearson Correlation	-.050	-.200*	,024	,067	,159	,156	-.367**	-.624**	-.480**	-.146	-.668**	1					
	Sig. (2-tailed)	,620	,046	,810	,508	,115	,121	,000	,000	,000	,146	,000		-.357**	-.358**	-.318**	,712**	-.530**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X9	Pearson Correlation	-.041	-.386**	-.035	-.040	-.259**	-.308**	-.243*	-.413**	-.306**	-.331**	-.312**	-.357**	1				
	Sig. (2-tailed)	,685	,004	,731	,694	,009	,002	,015	,000	,002	,001	,002	,000		-.324*	-.393**	,675**	-.541**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
TEISEND	Pearson Correlation	,098	,052	,511**	-.468**	-.006	,061	,159	-.203*	-.325**	,021	-.292**	-.358**	-.324*	1			
	Sig. (2-tailed)	,333	,611	,000	,000	,954	,548	,113	,043	,001	,836	,003	,000	,001		-.489**	1	-.418**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FYYSIK	Pearson Correlation	,173	-.564**	,170	-.173	,109	,153	-.229*	-.326**	-.328**	-.146	-.262**	-.318**	-.393**	-.489**	1		
	Sig. (2-tailed)	,085	,000	,090	,085	,280	,129	,022	,001	,001	,148	,008	,001	,000	,000		-.418**	1
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
TUNDMATU	Pearson Correlation	-.015	-.386**	-.119	,163	-.441**	-.566**	-.568**	-.689**	-.654**	-.519*	-.665**	-.712**	-.675**	-.324*	-.418**	1	
	Sig. (2-tailed)	,885	,004	,237	,104	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,000		-.644**
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
KOKKU	Pearson Correlation	,130	-.388**	-.364**	-.357**	,175	-.263**	-.350**	-.453**	-.503**	-.227**	-.457**	-.530**	-.541**	-.816**	-.854**	-.644**	1
	Sig. (2-tailed)	,197	,000	,000	,000	,082	,008	,000	,000	,000	,023	,000	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**LISA 8 Tüüpvalemite korrelatsioonid**  
**Tüüpvalem  $N=A/t$  (ka  $D=1/f$ ) korrelatsioonid**

**Correlations**

		F1A	F1B	F2	X1	X2
F1A	Pearson Correlation	1	,593**	,443**	,049	,266**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,630	,007
	N	100	100	100	100	100
F1B	Pearson Correlation	,593**	1	,412**	-,019	,062
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,851	,539
	N	100	100	100	100	100
F2	Pearson Correlation	,443**	,412**	1	,058	,208*
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,569	,038
	N	100	100	100	100	100
X1	Pearson Correlation	,049	-,019	,058	1	,411**
	Sig. (2-tailed)	,630	,851	,569		,000
	N	100	100	100	100	100
X2	Pearson Correlation	,266**	,062	,208*	,411**	1
	Sig. (2-tailed)	,007	,539	,038	,000	
	N	100	100	100	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Tüüpvalem  $F_{\bar{u}}=pgV$  korrelatsioonid**

**Correlations**

		F3A	F3B	F3C	X3	X4
F3A	Pearson Correlation	1	,778**	,847**	,158	,221*
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,118	,027
	N	100	100	100	100	100
F3B	Pearson Correlation	,778**	1	,803**	,072	,271**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,476	,006
	N	100	100	100	100	100
F3C	Pearson Correlation	,847**	,803**	1	,090	,290**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,372	,003
	N	100	100	100	100	100
X3	Pearson Correlation	,158	,072	,090	1	,294**
	Sig. (2-tailed)	,118	,476	,372		,003
	N	100	100	100	100	100
X4	Pearson Correlation	,221*	,271**	,290**	,294**	1
	Sig. (2-tailed)	,027	,006	,003	,003	
	N	100	100	100	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### Tüüpvalemi $Q=cm(t_2-t_1)$ korrelatsioonid

**Correlations**

		F4A	F4B	F4C	F4D	X5	X6
F4A	Pearson Correlation	1	,852**	,360**	,274**	,289**	,065
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,006	,004	,518
	N	100	100	100	100	100	100
F4B	Pearson Correlation	,852**	1	,338**	,258**	,256*	,091
	Sig. (2-tailed)	,000		,001	,010	,010	,369
	N	100	100	100	100	100	100
F4C	Pearson Correlation	,360**	,338**	1	,409**	,177	-,124
	Sig. (2-tailed)	,000	,001		,000	,079	,221
	N	100	100	100	100	100	100
F4D	Pearson Correlation	,274**	,258**	,409**	1	,021	,036
	Sig. (2-tailed)	,006	,010	,000		,832	,721
	N	100	100	100	100	100	100
X5	Pearson Correlation	,289**	,256*	,177	,021	1	,291**
	Sig. (2-tailed)	,004	,010	,079	,832		,003
	N	100	100	100	100	100	100
X6	Pearson Correlation	,065	,091	-,124	,036	,291**	1
	Sig. (2-tailed)	,518	,369	,221	,721	,003	
	N	100	100	100	100	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### Tüüpvalemi $F1d_1=F2d_2$ korrelatsioonid

**Correlations**

		F5A	F5B	X7	X8
F5A	Pearson Correlation	1	,820**	,198*	,253*
	Sig. (2-tailed)		,000	,048	,011
	N	100	100	100	100
F5B	Pearson Correlation	,820**	1	,167	,273**
	Sig. (2-tailed)	,000		,097	,006
	N	100	100	100	100
X7	Pearson Correlation	,198*	,167	1	,668**
	Sig. (2-tailed)	,048	,097		,000
	N	100	100	100	100
X8	Pearson Correlation	,253*	,273**	,668**	1
	Sig. (2-tailed)	,011	,006	,000	
	N	100	100	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Tüüpvalemi  $E_k = (mv^2)/2$  korrelatsioonid**

**Correlations**

		F6A	F6B	X9
F6A	Pearson Correlation	1	1,000**	,204*
	Sig. (2-tailed)		,000	,042
	N	100	100	100
F6B	Pearson Correlation	1,000**	1	,204*
	Sig. (2-tailed)	,000		,042
	N	100	100	100
X9	Pearson Correlation	,204*	,204*	1
	Sig. (2-tailed)	,042	,042	
	N	100	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Geil Siim (47801262759)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
**Õpilaste matemaatilised oskused füüsikas,**

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, 31.05.2016