

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Loodusteadusliku hariduse keskus

Aune Nigol

Eel- ja järeltestide kasutamine õppeprotsessi efektiivsuse hindamisel
Magistritöö
Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendajad: Kaido Reivelt, PhD
Rauno Neito, MSc

TARTU
2024

Lühikokkuvõte: Eel- ja järeltestide kasutamine õppeprotsessi efektiivsuse hindamisel

USA-s loodud jõu mõisteline test on valikvastustega test uurimaks õpilaste arusaamasid Newtoni mehaanikast eel- ja järeltesti kujul. Testi põhjal saab hinnata õpetamise kvaliteeti ning õpilaste arusaamade muutust kursuse käigus. Antud magistritöös hinnati 8. klassi õpilaste teadmisi füüsikas enne ja peale mehaanika kursuse läbimist. Autor koostas kolmeosalise testi toetudes jõu mõistelisele testile ning lähtudes riiklikust õppekavast. Magistritöoga leiti millised olid tugevamatel ja nõrgematel õpilastel testitulemused erinevates kategooriates (kinemaatika, dünaamika ja FCI testiosa) ning millised autori tegevused õpetamisel põhjustasid muutusi järeltesti tulemustes võrreldes eeltesti tulemustega.

CERCS: S272 Õpetajakoolitus

Märksõnad: jõu mõisteline test, diagnostilised testid, tegevusuuring

Abstract: Use of pre- and post-tests in evaluating the effectiveness of the learning process

The Force Concept Inventory (FCI), created in the USA, is a multiple-choice test to examine students' understanding of Newtonian mechanics in the form of a pre- and post-test. Based on the test, the quality of teaching and the change in student's knowledge during the course can be evaluated. In this master's thesis, the knowledge of 8th-grade students in physics was assessed before and after taking the mechanics course. The author prepared a three-part test based on the FCI and the national curriculum. With the master's thesis, the test results of stronger and weaker students in different categories (kinematics, dynamics and FCI test part) were examined, and which actions of the author during the teaching process caused changes in the results of the post-test compared to the results of the pre-test were discussed.

CERCS: S272 Teacher Education

Keywords: Force Concept Inventory, Diagnostic Tests, Action Research

Sisukord

Lühikokkuvõte: Eel- ja järeltestide kasutamine õppeprotsessi efektiivsuse hindamisel	2
Abstract: Use of pre- and post-tests in evaluating the effectiveness of the learning process	2
Sissejuhatus	4
1 Kirjanduse ülevaade	6
1.1 Õppimine kui protsess	6
1.2 Diagnostilised testid	7
1.3 FCI test	8
1.4 Põhikooli riikliku õppekava mehaanika osa õpitulemused	9
1.5 Õpetaja tegevusuuring	10
2 Metoodika	12
2.1 Valim ja instrument	12
2.2 Andmete kogumine	13
2.3 Valiidsus ja reliaablus	13
2.4 Andmeanalüüs	14
3 Tulemused	15
3.1 Õpilaste testitulemused erinevates kategooriates	15
3.2 Tegevusanalüüsi tulemused	17
4 Arutelu	20
Kokkuvõte	23
Kirjanduse loetelu	24
Summary	26
Lisa 1. Koostatud test (eestikeelne)	27
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	34

Sissejuhatus

Antud magistritöö koostamise eesmärk on hinnata õpilaste teadmisi füüsikas enne ja peale mehaanika kursuse läbimist põhikooli 8. klassis toetudes jõu mõistelisele testile (FCI ehk *Force Concept Inventory*), mis on USA-s välja töötatud valikvastustega test (Hestenes et al., 1992) ning analüüsida seda, millised õpetaja tegevused õpetamisel põhjustasid muutusi testi tulemustes. Test loodi küll 1992. aastal, kuid on siiani aktuaalne ja kasutusel (Cahill et al., 2020). Eel- ja järeltestiga saab uurida, kuidas õpilaste arusaam jõust kursuse jooksul muutub. Varasemalt on uuritud Eestis FCI testi eel- ja järeltestina gümnaasiumiklassides (Morel & Vask, 2023) ning ühekordse testina välja selgitamaks väärarusaamasid füüsikas 8. ja 9. klassis (Aarna, 2020).

Teema on aktuaalne, kuna Eestis on suur puudus inseneridest (Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021-2035, 2021) (ja füüsikaõpetajatest) ning autori pea kümneaastase õpetajakogemuse põhjal teevad enamuse õpilasi otsuse reaalseid edasi õppima minna põhikooli lõpus. Tugevad teadmised mehaanikast loovad õpilastele baasi selleks, et inseneriteadusi edasi õppima minna. Füüsika on enamuse õpilaste jaoks raske aine (Shirazi, 2017), seega saab õpetaja parandades õpet luua õpilastele tulevikuks paremad võimalused (Logan&Skamp, 2012).

Magistritöö raames on autor püstitanud kaks uurimisküsimust: millised olid tugevamatel ja nõrgematel õpilastel testitulemused erinevates kategooriates ning millised autori tegevused õpetamisel põhjustasid muutusi järeltesti tulemustes võrreldes eeltesti tulemustega?

Uuringut on vaja õpilase taseme määramiseks ning edasise õpetamise/õppimise planeerimiseks ning parendamiseks. Õpilase eelteadmised saavad teda õppimisel kas aidata või takistada. Selleks, et õppida, peavad õpilased uued teadmised siduma varasemate teadmiste külge (Bransford & Johnson, 1972; Resnick, 1983). Mil määral suudavad õpilased vanadele teadmistele efektiivselt uusi teadmisi üles ehitada, sõltub nende eelteadmiste loomust kui ka õpetaja võimekusest õpilase varasemaid teadmisi rakendada (Ambrose, 2010). Oluline on õpilast eeltestida, et õpetajal oleks teada, millised on õpilase eelteadmised ja milles õpilane vajaks

toetust. Samuti saab järeltestiga teha kindlaks, kas õppimine/õpetamine on olnud efektiivne ning analüüsid õpetamist ning tulemusi on võimalik õpet paremaks muuta. Kutsetunnistuses on kirjas: “õpetaja märkab ja arvestab õppijate erinevaid huvisid, võimeid ja vajadusi (sh hariduslikke erivajadusi, kultuurilist eripära jm), tagades võimetekohase õppe; arvestab peamiste tunnetusprotsessidega (taju, tähelepanu, mälu, mõtlemine, täidesaatvad funktsioonid) õppija toetamisel; kogub andmeid õppijate arengu ja õppeprotsessi tõhususe kohta”. (Kutsestandard. Õpetaja tase 7, 2020). Test on vahend standardites ettenähtud eesmärkide realiseerimiseks praktikas.

Täna oma juhendajat Kaido Reivelti, tema doktoranti Rauno Neitot, programmijuhti Regina Soobardi, elukaaslast Sander Saart ja poegi Knut ja Erik Kallast, sõpru, sugulasi, kolleege ja õpilasi toetuse ning edasiviivate mõtete eest.

1 Kirjanduse ülevaade

1.1 Õppimine kui protsess

Õppimine on protsess, mis viib muutusteni, kui muutustele eelneb kogemus, ja suurendab võimalust edukamaks soortuseks ning on aluseks edasisele õppimisele (Mayer, 2002). Selles definitsioonis on kolm olulist mõtet:

1. Õppimine on protsess, mitte väljund. Kuna see protsess leiab aset ajus, siis on võimalik ainult eeldada, et see ilmneb õpilase sooritusest või tehtud tööst/väljundist.
2. Õppimine sisaldab endas muutust teadmises, uskumustes, käitumises või suhtumises. Antud muutus toimub pikema aja jooksul ning mõju on püsiv õpilase tegutsemisele ja mõtlemisele.
3. Õppimine pole midagi, mida oleks võimalik õpilaste jaoks teha, see on midagi, mida õpilased ise teevad. Teadmiste omandamine on otsene tulem sellest, kuidas õpilased tõlgendavad ja reageerivad oma kogemustele alateadlikult, teadlikult, toetudes mineviku ja oleviku kogemustele.

Seega õpilase eelteadmised saavad teda õppimises kas aidata või takistada. Õpilane tuleb tundi või kursusele teadmistega, uskumustega ja suhtumistega, mille ta on saanud eelmistest tundidest või kursustest ja igapäevaelust. Õpilase pagas mõjutab seda, kuidas ta tõlgendab ja filtreerib õpitud. Kui eelteadmised on viimistletud, täpsed ja nad aktiveeruvad õigel ajal, annavad need tugeva aluse uute teadmiste ülesehitamiseks. Kui eelteadmised on nõrgad ja ebapiisavad, aktiveeruvad mittesobivalt või on ebatäpsed, võivad need segada või takistada uute teadmiste omandamist. (Ambrose, 2010) Eeltestiga on mingil määral võimalik neid eelteadmisi kaardistada.

Teadmiste omandamiseks peavad õpilased uued teadmised siduma varasemate teadmiste külge (Bransford & Johnson, 1972; Resnick, 1983). Sissejuhatuses sai mainitud, et mil määral suudavad õpilased vanadele teadmistele efektiivselt uusi teadmisi peale luua, sõltub nii eelteadmiste loomust kui ka õpetaja võimekusest õpilase varasemaid teadmisi rakendada. (Ambrose, 2010). On oluline eeltestida õpilasi, et õppeprotsess oleks efektiivne ning mitte

vähem oluline on ka järeltestida, et näha, kas õppeprotsess on teadmisi juurde toonud.

1.2 Diagnostilised testid

Diagnostilistel testidel (DT) on teatud reeglid, mida läbiviimisel soovitatakse järgida. Diagnostilised testid peaksid olema läbi viidud nii, et

- 1) neid oleks nimetatud pigem uuringuks kui testiks või hindamiseks, et vähendada õpilaste ärevust ja pinget testi ajal, mis võib mõjutada sooritust;
- 2) nii eeltesti kui ka järeltesti tegemise kestus oleks sama, et testid oleksid omavahel võrreldavad;
- 3) test ei oleks sooritatud anonüümselt, sest kui õpilased lisavad sinna oma nime, on neil rohkem motivatsiooni pingutada; samuti saab eel- ja järelteste paremini analüüsida kas klassina tervikuna või indiviidi tulemusi uurides viies kokku sama õpilase eel- ja järeltesti tulemuse ning näiteks ka tulemuste analüüsimisel võtta arvesse ainult nende õpilaste sooritused, kes on mõlemad testid teinud;
- 4) eeltest peaks olema tehtud kursuse esimesel tunnil ning hoolega oleks vaja jälgida, et kõik küsimuste ja vastuste lehed jõuavad testi läbiviija kätte tagasi; samuti peaks selgitama, miks on oluline uuringu jaoks endast parim anda isegi kui selle eest kursusehinnet ei saa;
- 5) järeltest peaks olema läbi viidud etteteatamata võimalikult kursuse lõpus ning eelistatult osana kursuse eksamist ja hindest, et õpilased seda tõsiselt võtaksid ning seega tulemused adekvaatsemad oleksid;
- 6) eel- ja järelteste õpilastele ei tagastada;
- 7) esitatakse ainult tulemused küsimuste ja vastusteta näiteks õpilaskoodide taha;
- 8) tundides ei tohiks testile identseid ülesandeid/probleeme lahendada või arutada, et mitte õpilasi testiks ette treenida;
- 9) vajadusel õpilase tulemusi arutatakse õpilase endaga ainult privaatselt;
- 10) küsimusi/vastuseid ei tohiks veebis ega muul viisil avalikustada;
- 11) DT testid oleksid viie või kümneaastase intervalliga välja vahetatud, sest testide küsimused ja vastused ikkagi aeglaselt lekiavad õpilaste kätte ning et uue testi loomiseks oleks piisav aeg, kuna uus test peaks olema vanaga analoogne (kalibreeritud vana baasil). (Hake, 2002)

1992/95 aasta FCI testiversioone pole välja vahetatud ning Hake'i (2002) arvates see ajas vähendab mõningal määral nende testide usaldusväärsust. Eesti kohta FCI testi usaldusväärsuse ajas kahanemine autori arvates samas mahus ei kehti, kuna Eestis on FCI teste vähe läbi viidud. (Morel & Vask, 2023)

1.3 FCI test

Jõu mõisteline test ehk FCI test on USA haridusteadlaste poolt koostatud test hindamaks õpilaste arusaamist Newtoni mehaanikast. Test sisaldab nii mehaanika- kui ka kinemaatikaalaseid viie valikvastusega küsimusi, kus otseseid arvutusi tegema ei pea. Originaaltestis on 30 küsimust ning iga õigesti vastatud küsimus annab ühe punkti. Test on USA füüsikaõpetajaid ja füüsikaharidusega tegelevaid teadlasi ja õppejõude koondava internetiportaali PhysPorti mõistmistestide kõige kõrgeimal, st 7. tasemel, mis tähendab, et testi küsimused põhinevad teaduslikel uuringutel, test koostatakse õpilasintervjuude põhjal ning on üle vaadatud ekspertide poolt, analüüsimiseks on kasutatud sobivat statistilist analüüsi, on mitmes asutuses kasutusel olnud, uuringud on läbi viidud mitme uurimiserühma poolt ning testil on vähemalt üks eelretsenseeritud publikatsioon. (Madsen et al., 2022)

FCI testi koostamisel on aluseks võetud tudengite varasemad avatud vastused kategoriseerituna enamlevinud (väär)arusaamadeks. Test viiakse läbi eel- ja järeltestina pidades silmas diagnostiliste testide läbiviimise reegleid. (Hestenes et al., 1992) USA-s teste läbi viies selgus, et õpilaste testide sooritustase on madal olenemata kursuse läbimisest ning erialaekspertide arvamusest, et õige vastusevariant on väga lihtsasti ära tuntav. Seega tulemuste parandamiseks soovitatakse tungivalt tegeleda testi tulemustest välja tulnud teadmiste puudumisega. (Hake, 1998)

Hake (1998) kasutas kursuste kasulikkuse hindamiseks normaliseeritud juurdekasvu valemit:

$$g = \frac{\text{järeltest (\%)} - \text{eeltest (\%)}}{100\% - \text{eeltest (\%)}} , \text{ kus}$$

$g \geq 0,7$ on suur juurdekasv,

$0,7 > g \geq 0,3$ on keskmine juurdekasv,

$g < 0,3$ on madal juurdekasv,
eeltest (%) on eeltesti keskmine tulemus,
järeltest (%) on järeltesti keskmine tulemus ja
 g on õpitu hulk jagatud sellega, mida õpilased oleks võinud õppida.

Hake pooldas normaliseeritud juurdekasvu kasutamist, kuna tema andmetel eristas see meede tugevalt õpetamismeetodeid, kuid võimaldas "järjekindlat analüüsi erinevate õpilaste hulgas, kelle algteadmised olid väga erinevad". Normaliseeritud juurdekasv näib olevat sõltumatu populatsioonist või eeltesti tulemustest, võimaldades võrrelda oma õpilaste õppimist teiste õpilaste õppimisega väga erinevates õppeasutustes. (McKagan et al., 2022)

FCI on eesti keelde tõlgituna viidud veebikeskkonda opik.fyysika.ee, kus on võimalik nendele keskkonna poolt loodud koodiga ligi pääseda. Antud testi on kasutatud põhikooli õpilaste väärarusaamade kaardistamiseks, kus analüüsitavaid oli 41 õpilast 8. klassist, 45 õpilast 9. klassist ja küsimusi 30 (Aarna, 2020) ning gümnaasiumiõpilaste arusaamade analüüsimiseks, kus valim oli kokku 448 õpilast eeltestis ja 445 õpilast järeltestis ning küsimusi 14 küsimust 30-st FCI originaaltesti küsimusest (Morel & Vask, 2023).

1.4 Põhikooli riikliku õppekava mehaanika osa õpitulemused

Kuna autori poolt läbi viidud test on suunatud kinemaatika teemal liikumise ja dünaamika teemal liikumist põhjustava jõu kontseptsioonist arusaamise uurimisele, siis tõi autor õppekavast välja need õpitulemused, mis on kooskõlas jõu mõistelise testi ideega. Sellega on seotud õpitulemuste seitse esimest punkti ning viimasest punktist kaks valemit. Õpilane mehaanika osas tulenevalt põhikooli riiklikust õppekavast (PRÕK):

- 1) uurib ja kirjeldab keha liikumist ning oskab seda graafiliselt analüüsida;
- 2) uurib ja kirjeldab kehade vastastikmõju ning selgitab kehade kiiruse muutumist sõltuvalt kehade massist ja vastastikmõju kestusest;
- 3) teab, et vastastikmõju tugevust iseloomustab jõud;
- 4) võrdleb eri kehadele mõjuvat raskusjõudu ja seostab seda keha massiga;

- 5) uurib hõõrdejõudu ja seletab selle mõju kehade liikumisele, analüüsib graafiliselt hõõrdejõu sõltuvust rõhumisjõust;
- 6) uurib elastsusjõudu ja seletab selle tekkimise põhjuseid;
- 7) oskab kasutada dünamomeetrit erinevate jõudude mõõtmiseks ja
- 17) rakendab probleemülesandeid lahendades järgmisi seoseid: $v = s / t$; $F = mg$. (Põhikooli riiklik õppekava, 2024)

Rõhku, üleslükkejõudu, tööd, võimsust, energiat ja kasutegurit testiküsimused ei käsitle, küll aga tulevad kasuks teadmised nii kiirenduse kui ka Newtoni seaduste kohta. Kuna test on mõisteline, siis kahjuks ei anna see täielikku ülevaadet õpilase kirjeldamise, analüüsimise, selgitamise, võrdlemise, seletamise, kasutamise ja rakendamise oskustest, vaid kõigi nende põhialuse ehk kontseptsioonide mõistmise kohta. Füüsika õpetamisega põhikoolis taotletakse, et õpilane lisaks valdkonnapädevuses kirjeldatud üldistatud õpitulemustele:

- 1) mõistab olulisi füüsika mudeleid;
- 2) rakendab valemeid füüsikaliste nähtuste ja kehade omaduste kvantitatiivseks kirjeldamiseks;
- 3) koostab graafikuid, jooniseid ja skeeme füüsikaliste nähtuste kirjeldamiseks ning analüüsib graafiliselt esitatud infot;
- 4) seletab ja põhjendab füüsika mudelite põhjal füüsikalisi nähtusi ja kehade omadusi;
- 5) kasutab füüsikaalase teabe leidmiseks erinevaid allikaid ning hindab allikate usaldusväärsust;
- 6) kavandab ja korraldab ohutult katseid füüsikaliste nähtuste ja kehade omaduste uurimiseks, analüüsib katsetulemusi ning teeb põhjendatud järeldusi. (Põhikooli riiklik õppekava, 2024)

1.5 Õpetaja tegevusuuring

Tegevusuuring on teaduslik sotsiaalsete olukordade uuring erialase praktiku poolt eesmärgiga parandada tatud tegevuse kvaliteeti (Kemmis & McTaggart, 1988; Carr & Kemmis 1986; Hopkins, 1993). Analoogselt teistele uuringutele on tegevusuuring samuti süsteemne ja täpne, mis võib toetuda nii kvalitatiivsetele kui ka kvantitatiivsetele andmetele, kuid sellele lisandub kohene praktiline rakendatavus ning seejärel rakendamise tulemuste ja mõjude hindamine, kui ülejäänud uurimistöode tüüpide puhul toimub rakendamisprotsess peale uurimistulemuste ja

järelduste selgumist (Löfström, 2011).

Tegevusuuringu puhul on ka uurija roll erinev teiste haridusteadlase rollist. Tegevusuuringu läbiviija on eelkõige praktikust uurija, kes:

- 1) kasvatab erialaste teadmiste pagasit, et tõsta õpetamise taset;
- 2) on oma alal autoriteet; otsib oma tegevusele tunnustust ja kinnitust;
- 3) keskendub õpetajana oma kooli või klassiruumi või aine kontekstile;
- 4) keskendub hetkel toimuvale praktikale;
- 5) tegeleb järjepidevalt enesesse süüvimisega (Ryhammar 1989).

Kui haridusteadlane uurib tavaliselt teiste õpetamisviise, praktikaid ja meetodeid, seega praktika edendamist üldisemalt, siis praktikust uurija võtab enamasti vaatluse alla enese, kolleegide või enda tegevusvaldkonna (Norton, 2009). Tegevusuuringu peamine eesmärk on praktika edendamine ja otstarbekus (Löfström, 2011). Autor kasutab tegevusuuringut saamaks aru millised autori tegevused õpetamisel põhjustasid muutusi järeltesti tulemustes võrreldes eeltesti tulemustega.

2 Metoodika

Magistritöös püstitatud uurimisküsimustele vastamiseks sooritasid õpilased autori poolt kokku pandud testi. Kuna jõu mõisteline test on mõeldud ülikooliõpilastele ja gümnaasiumiõpilastele, siis kohandas ja laiendas autor antud instrumenti, et see vastaks rohkem 8. klassi tasemele ja õppekavale. Autori poolt loodud ning 8. klassi teadmistele vastavad, kuid siiski FCI põhjal koostatud küsimused on 1-14 keskendudes analoogiliselt liikumisele ja jõule. Küsimused 15-24 on võetud FCI originaaltestist. Autor jagas eeltesti tulemuste põhjal õpilased nõrgemasse ja tugevemasse gruppi ning analüüsis nende teadmisi kolmes kategoorias: kinemaatika, dünaamika ja FCI jõu mõistelise testi valikküsimused. Testide tulemusi analüüsiti Excelis aritmeetilise keskmiste, Hake'i normaliseeritud juurdekasvu valemi ning t-testiga ning testi reliaablust hinnati Cronbach alfa valemiga. Töö viimases osas on tabel õpetaja tegevuste analüüsimiseks.

2.1 Valim ja instrument

Antud magistritöös oli tegu mugavusvalimiga. Uurimus viidi läbi 2024. aasta kevadel Tallinna Inglise Kolledži kõigis 8. klassides (kaks eestikeelset ja üks ingliskeelne paralleelklass). Vastavalt vajadusele tõlkis autor ülesanded. Uuringus osalenud valiti seetõttu, et uuringu läbiviijal on aktiivne töösuhe antud õppeasutusega. 52 õpilast tegid eeltesti ning 59 õpilast järeltesti, kellest 46 õpilast vastasid nii eel- kui ka järeltestile. Andmete analüüsiks kasutas autor ainult nende õpilaste tulemusi, kes sooritasid nii eel- kui ka järeltesti ning nende seas oli 23 poissi ja 23 tüdrukut. Uuring viidi läbi 8. klassis, sest siis alustatakse ja lõpetatakse mehaanika kursusega põhikoolis, kuigi mehaanika kursuse elemente on juba ka 7. klassi loodusõpetuses ning erinevate klasside matemaatika tekstülesannetes, seega on eelteadmiste kaardistamine vajalik.

Kõige uuem FCI versioon, mida on kasutatud antud uurimistöös, avaldati aastal 1995 (Hestenes ja Halloun, 1995). Uusim variant sisaldab 30 küsimust ning tõenäosus, et õige vastus valitakse valel põhjustel (mis eelnevatel testidel eksisteeris) oli viidud antud testiga miinimumini (Hake, 1998). Autor kasutas küsimustikust kümme küsimust, mis vastasid kõige enam 8. klassile

füüsika õppekavale ning koostas ise neliteist valikvastustega küsimust, mis kataksid esimese poole põhikooli õppekava mehaanika osast (LISA 1). Autor jagas eel- ja järeltesti küsimused kolme ossa: kinemaatika (küsimused 1-4), dünaamika (5-14) ning FCI (15-24).

2.2 Andmete kogumine

Enne testi saadeti õpilastele ja vanematele info peatselt toimuva uuringu läbiviimise kohta ning paluti teavitada, kui laps või lapsevanem pole nõus uuringus osalema (Löfström, 2011). Enne testi kätte andmist selgitati õpilastele, miks on uurimus ning samuti võimalikult ausalt vastamine oluline. Enne testi öeldi, et kui õpilane vastata ei oska, siis prooviks leida enda teadmiste põhjal tema jaoks kõige õigemana tunduva vastuse. Nii eel- kui ka järeltesti tegemiseks oli õpilastel 35 minutit. Testid olid nimelised, et oleks võimalik hiljem andmeanalüüsis eel- ja järeltest omavahel kokku viia ning et õpilased oleksid motiveeritumad endast parimat andma teades, et õpetaja nende edusamme ka üksikult enda jaoks analüüsib. Õpilaste nimesid antud magistritöö ei avalikusta, need eemaldati analüüsi käigus. Eeltest viidi läbi antud kursuse esimesel tunnil, sellele järgnes õppimisprotsess ning järeltest viimasel tunnil enne, kui selle põhjal hinnatav test sooritati ning mõlemad kuupäevaliselt ette teatamata, et testide jaoks poleks võimalik eraldi ette õppida. Järeltest toimus 3 nädalat peale eeltesti. Testi ajal ei lubatud kasutada valemilehte ega muid abimaterjale. Ei tulemusi ega teste õpilastele ei tagastatud, nende eest õpilased ega vanemad hinnet ega tagasisidet ei saanud. Tundides testile identseid ülesandeid ja probleeme ei lahendatud, kuigi mehaanikas olulisi mõisteid ja Newtoni seadusi tutvustati.

2.3 Valiidsus ja reliaablus

Valiidsuse tagamiseks on 10 küsimust testist võetud FCI testist, mis on PhysPort mõistmistestide kõige kõrgeimal, st 7. tasemel ning ülejäänud 14 küsimust, mis jagunevad kinemaatikaks (4 küsimust) ja dünaamikaks (10 küsimust) on tehtud põhinedes FCI testile ja põhikooli riiklikule õppekavale. Autori poolt loodud testiosas on samuti 5 valikvastustega küsimust, mille vastusevariandid on võetud varasematest populaarsematest õpilaste valesti vastatud vastustest. FCI puhul kehtib see, et ainult üks vastusevariant on õige, sellest lähtus ka autor oma testiosa

loomisel. Ainuke erinevus FCI testist on see, et loodud testis on 3 elulist arvutusülesannet, samas kui FCI test on ainult teoreetiline, et oleks kaetud ka põhikooli õppekava õpitulemus, mis on seotud antud teema kohta valemite tundmise- ja rakendamisoskusega ning 5. küsimus erineb selle poolest, et vastuses iga tähe taha tuleks kirjutada õige jõud valikust. Autori poolt loodud testiosa kohta tehti eksperthinnang Tartu Ülikooli füüsikainstituudis ja see tunnustati sobivaks.

Reliaabluse hindamisel kasutas autor Cronbach alfa meetodit ning arvutas alfa eel- ja järeltestile kategooriate kaupa. Alfa väärtuseks tuli 0,83. Antud tulemus näitab, et testi sai adekvaatselt grupeeritud ja testi reliaablus on hea.

2.4 Andmeanalüüs

Andmeanalüüsiks kasutas autor Excelit ning meetoditest keskmiste ja Hake'i (1998) normaliseeritud juurdekasvu leidmist ning t-testi. Kui õpilase töös küsimusele vastus puudus või märgiti ära mitu valikut, siis tulemus loeti valeks. Analüüsimiseks jaotati 46 eeltesti sooritanud õpilased kahte gruppi (nõrgemad ja tugevamad) ning nende tulemusi sai analüüsida kas üksikküsimuste kaupa tegevusanalüüsi jaoks või gruppide kaupa (kinemaatika, dünaamika, FCI) t-testi jaoks. Nõrgemaks ja tugevamaks jaotamine toimus eeltesti põhjal ehk need, kes eeltestis autori poolt koostatud osa vastasid 50%-le või enam ehk vähemalt 7 küsimust korrektselt, läksid tugevamasse gruppi (on saavutanud õppekava õpitulemused vähemalt rahuldaval tasemel) ning ülejäänud moodustasid nõrgema grupi. Nõrgemas grupis oli valimist 17 õpilast ehk 37% ja tugevamas 29 õpilast ehk 63%. Nõrgema ning tugevama grupi kinemaatika, dünaamika ja FCI osa tulemuste p-väärtust t-testiga hinnates sai teada, kas jaotused omavahel erinesid ning kas õpetamine oli edukas.

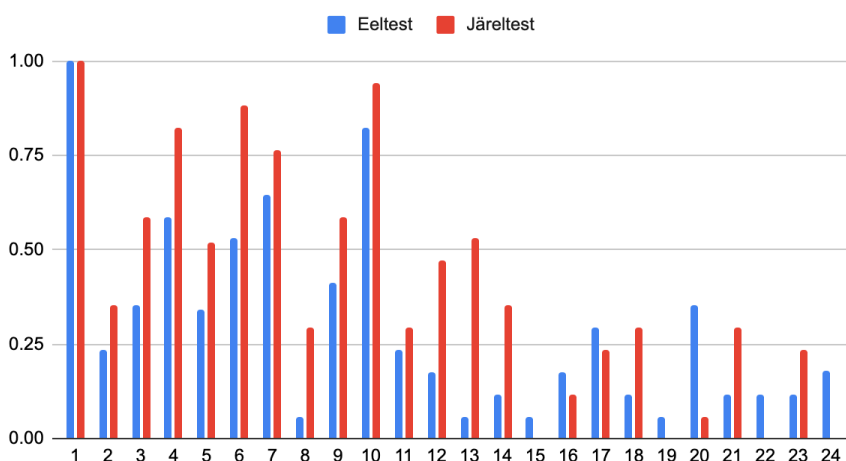
Andmeid analüüsiti lisaks kvantitatiivsele analüüsile ka kvalitatiivselt ehk hinnati millised õpetaja tegevused ja tegemata jätmised mõjutasid testitulemusi. Autor püüdis jõuda vastuseni, mida õpetaja saaks teha paremini, et testitulemused oleksid edaspidi kõrgemad ja õpilaste teadmised paremad.

3 Tulemused

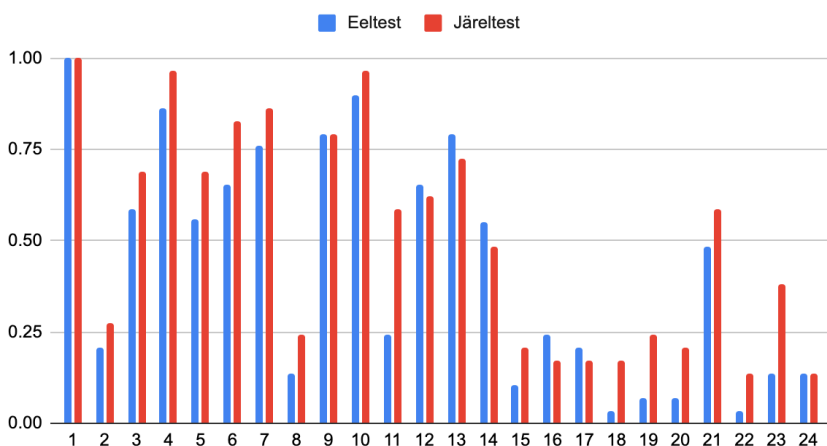
3.1 Õpilaste testitulemused erinevates kategooriates

Esimene uurimisküsimus: millised olid tugevamatel ja nõrgematel õpilastel testitulemused erinevates kategooriates? Tulemustest on näha, et FCI testi keskmised punktid ülesande kohta (küsimused 15-24) olid palju nõrgemad kui autori poolt õppekava põhjal loodud 8. klassile vastava tasemega testiosa punktid (küsimused 1-14). Seda on näha ülevaatlikumalt jooniselt 1.

Eeltesti ja järeltesti keskmine punktisumma nõrgemal grupil



Eeltesti ja järeltesti keskmine punktisumma tugevamal grupil



Joonis 1: Eeltesti ja järeltesti keskmine punktisumma nõrgemal ja tugevamal grupil.

T-test näitas, et õpilaste tulemused on eel- ja järeltestis erinevad ning tulemus on statistiliselt oluline, kui p väärtus on alla 0,05. Erinevus polnud statistiliselt oluline vaid nõrgema grupi FCI testiosa puhul, kus p väärtus tuli üle 0,05 (vaata Tabel 1).

Tabel 1: T-testi tulemused

	p väärtus nõrgem grupp	p väärtus tugevam grupp
Kinemaatika	0,01	0,03
Dünaamika	<0,01	0,01
FCI	0,14	<0,01

Keskmine tulemus nõrkadel oli eeltestis kinemaatikas 54%, dünaamikas 34% ja FCI testis 16%; järeltestis vastavalt 69%, 56% ja 12%, mis näitab, et keskmine FCI testi tulemus järeltestiga isegi langes. Tugevatel oli keskmine tulemus eeltestis kinemaatikas 66%, dünaamikas 60% ja FCI testis 15% ning järeltestis vastavalt 73%, 68% ja 24%.

Juurdekasv (tabel 2) on arvatud kasutades Hake'i (1998) normaliseeritud juurdekasvu valemit, mille põhjal on näha, et FCI testiosa õpilaste teadmiste juurdekasv on võrreldes teiste testiosadega kõige väiksem ning et nõrkade grupi õpilastel on teadmiste juurdekasv kinemaatika ja dünaamika osas suurem, kuna esialgsed tulemused olid madalamad.

Tabel 2: Hake'i normaliseeritud juurdekasvu g tulemused

	g väärtus nõrgem grupp	g väärtus tugevam grupp
Kinemaatika	0.323	0.205
Dünaamika	0.339	0.190
FCI	-0.042	0.106

3.2 Tegevusanalüüsi tulemused

Teine uurimisküsimus: millised autori tegevused õpetamisel põhjustasid muutusi järeltesti tulemustes võrreldes eeltesti tulemustega? Tulemustest parema ülevaate saamiseks on need lisatud tabelisse (tabel 3), kus tegevused, mida õpetamisprotsessis annaks parandada on tabeli kolmandas tulbas toodud koos põhjendusega.

Tabel 3: Tegevusanalüüsi tulemused

Tunni teema ja lühike sisukirjeldus	Tegevused, mis toetasid muutusi järeltesti tulemustes	Tegevused, mida annaks parandada, et järeltesti tulemused oleksid paremad
1. tund. Mehaaniline liikumine. Teooria, suulised küsimused liikumise liikide kohta, teisendamisülesanded, ühtlase sirgjoonelise liikumise teepikkuse, aja ja kiiruse ülesanded.	Teooria ning ülesannete kordamine (õpitud viimati 7. klassi loodusõpetuses ja matemaatikas). Ülesandeid oli piisavalt, et kõik vastanud saaksid selgeks.	Puuduvad, sest tulemused olid väga head (100% korrektsed kõigil).
2. tund. Kiiruse ülesanded (keskmise kiirus), liikumise ja kiiruse graafikud ning ülesanded graafikute põhjal. Inertsus.	Keskmise kiiruse ülesande lahendamine kordamiseks (õpitud viimati 7. klassi loodusõpetuses), graafikute analüüsimine ning erinevad ülesanded graafikute põhjal kordamiseks (õpitud viimati 7. klassi loodusõpetuses ja matemaatikas). Inertsuse mõiste selgitamine ja näited.	Keskmise kiiruse ülesandeid peaks rohkem lahendama, sest kinemaatika osas nii nõrgematel kui ka tugevamatel keskmise kiiruse ülesanne lahendatud kõige madalama tulemusega (alla 50% õpilastest vastas õigesti). Samuti peaks hilisemates tundides, kus ka massi

		käsitletakse (gravitatsiooni peatükk) veel lisaks rõhutama, et mass iseloomustab keha inertsust (alla 50% nõrgematest õpilastest vastas õigesti)
3. tund. Vastastikmõju. Teooria. Newtoni seadused. Suulised ülesanded vastastikmõjust arusaamiseks.	Newtoni seaduste sõnastamine, nende kohta paari näite toomine.	Paarist näitest ei piisa, oleks vaja rohkem näiteid, arutelu ning paluda ka õpilastel näiteid tuua ning vastavalt korrigeerida, sest sellel baseerub FCI test, kus on tulemused kõige nõrgemad ning väärarusaamad Aarna (2020) põhjal kõige kergemad süvenema ja jääma. Võiks teha katset digitaalse käsidünamomeetriga.
4. tund. Gravitatsioon. Teooria. Kirjalikud ülesanded raskusjõu kohta.	Raskusjõu ja gravitatsioonijõu erinevuse selgitamine. Ülesandeid raskusjõu arvutamiseks sai läbi lahendatud piisavalt, sest selles osas olid tulemused üle keskmise.	Kuna suur osa õpilasi ei tee vahet kaalul ja massil, siis seda tuleks erinevate näidetega (koos ühikutega) rohkem rõhutada. Nii tugevatel kui ka nõrkade grupil oli vahettegemisvõime alla 50% õpilastest.
5. tund. Hõõrdejõud. Teooria ning näited. Jõudude suunad.	Erinevate hõõrdejõu tüüpide lahtiseletamine ning erinevate	Selles tunnis võiks ka teha katset mehaanilise

	jõudude suunad.	dünamomeetriga, sest ainult 3. tunnis dünamomeetrist kui jõu mõõteriistast rääkimine ei anna tulemusi. Nii tugevamatest kui ka nõrgematest õpilastest üle poole ei teadnud, milleks dünamomeetrit kasutatakse.
6. tund. Kirjalikud ülesanded hõõrdejõu suuna ja suuruse kohta, kus hõõrdejõud moodustab mingi protsendi raskusjõust. Deformatsioon. Teooria ja näited.	Hõõrdejõu ülesannete lahendamine ja deformatsiooni kohta paljude näidete toomine toetas järeltesti tulemuste paranemist.	Siin autor ei muudaks midagi, tulemused olid väga head.

Huvitav üldtulemus oli see, et tunnis erinevate vigade või väärarusaamade rõhutamine muutis testitulemusi paremaks enamasti vaid tugevatel, seevastu nõrkade tulemusi parandas antud tegevus vähesel määral.

4 Arutelu

Kuigi Eestis on 2020. aastal tehtud FCI uuring 8. ja 9. klassides, siis sellega autor kahjuks oma kvantitatiivseid tulemusi täielikult võrrelda ei saa, kuna Aarna (2020) töös toimus ainult üks testimine ning testis olid kõik 30 FCI küsimust (autoril $\frac{1}{3}$ sellest), mille tulemiks olid väärarusaamad mehaanika kohta. Niipalju antud tulemused eelneva uuringuga kattuvad, et FCI õigete vastuste protsent on mõlemas väga madal ning näiteks antud töö FCI tulemustest koorub välja üks eelnevas töös välja toodud väärarusaam, milleks on et suurem mass avaldab suuremat jõudu. Mõlemate autorite seisukoht on, et õpilased teadvustaksid antud valesid arusaamu ning õpetajad võtaksid teadlikult kasutusele meetmeid, et aidata õpilastel neist vabaneda (Aarna, 2020).

Samuti on keeruline antud tööd võrrelda eelmise aasta magistritööga, kus uuriti gümnaasiumiõpilasi, sest põhikoolil ja gümnaasiumil on järeltesti osas suurem tasemevahe ning eelmise aasta töös kasutati kõiki õpilasi, kes tegid eel- ja järeltesti, mitte ainult neid, kes tegid mõlemat ning valim oli selles töös kümme korda suurem; samuti kasutati seal 14 ülesannet 30-st, mis ülesannete poolest sajaprotsendiliselt antud tööga ei kattu. Kui nüüd sellest hoolimata üldisemalt võrrelda, siis ka 2023. aasta töös olevad FCI testi tulemused on madalad nagu ka Aarna (2020) ja antud töö puhul. Normaliseeritud juurdekasv vastavalt Moreli ja Vase (2023) töös on 0,109 (24%-lt 32%-le) ning antud töös tugevama grupi puhul 0,106 (15%-lt 24%-le). Üllatav tähelepanek on see, et samale õigete vastuste protsendile, kuhu antud töös jõuti järeltestiga tugevamate 8. klassi õpilaste puhul, jõutakse eeltesti puhul gümnaasiumi uuringus.

Samas on Eestis läbi viidud FCI testide madalad tulemused võrreldavad testide tulemustega USA ülikoolides (Hake, 1998) ja Horvaatias (Planinic, 2010), kuna sealsed eeltestide tulemused on samuti madalad, sama madal on ka teadmiste juurdekasv. Seega ei keskenduta tundides piisavalt jõu mõistelisest konseptsioonist arusaamisele, erinevatele reaalelulistele näidetele, teadmiste rakendatavusele (interaktiivsed meetodid) ning võibolla on ka antud teema käsitlemiseks liiga vähe füüsikatunde.

T-testi tulemustest võib järeldada, et kinemaatika ja dünaamika osa küsimused olid kõigile jõukohased ning mõlemate gruppide tulemused nendes paranesid kuna jaotused erinesid, kuid FCI test oli nõrkade jaoks ikkagi liiga keeruline või üle jõu käiv, mistõttu seal õpilaste nõrgad tulemused väga ei muutunud. Test pakkus seega väljakutset nii nõrkadele kui ka tugevatele õpilastele ja oli tasakaalukalt koostatud. Keskmisi tulemusi analüüsid leidis autor, et dünaamika osa võrreldes kinemaatikaga on keerulisem mõlemale grupile, mis on ka loogiline, sest kinemaatika osa ei õpitud varasemalt mitte ainult 7. klassi loodusõpetuses vaid ka matemaatikas on lahendatud liikumise kohta palju nii tekstipõhiseid kui ka graafikutega seotud ülesandeid. Erinevalt sellest tuleb jõud vähesel määral sisse esmakordselt põhikooli tasemel alles 7. klassi loodusõpetuses. Hake'i (1998) normaliseeritud juurdekasvu valemi põhjal on näha, et FCI testiosa õpilaste teadmiste juurdekasv on võrreldes teiste testiosadega kõige väiksem ning et nõrkade grupi õpilastel on teadmiste juurdekasv kinemaatika ja dünaamika osas suurem, kuna esialgsed tulemused olid madalamad. Hake'i valemi nõrgaks kohaks on negatiivne g väärtus, mille selgitamisega valem adekvaatselt hakkama ei saa. (McKagan et al., 2022)

Antud töö tulemusi ning autori poolt koostatud testi saaks kasutada mehaanika osa õpetamise parandamiseks ja uurimiseks ka teistes koolides. Samuti võiks analoogseid mõistelisi teste koostada ka teiste mahaanika (perioodilised liikumised, rõhk, energia, töö, võimsus, kasutegur) või põhikoolis ja gümnaasiumis õpetatavate füüsika teemade uurimiseks.

Esimesele uurimisküsimusele: millised olid tugevamatel ja nõrgematel õpilastel testitulemused erinevates kategooriates; saab lühidalt vastata sellega, et nõrgematel õpilastel oli teadmiste normaliseeritud juurdekasv suurem autori poolt koostatud kinemaatika ja dünaamika osas, kuid puudus (õigemini oli negatiivne) FCI testi puhul, mistõttu saab järeldada, et FCI test oli nende jaoks liiga keeruline. Tugevamatel oli teadmiste juurdekasv kõigis testiosades, kaasaarvatud FCI testiosas, millest saab järeldada, et õpetatav kursus andis tugevamatele õpilastele laiapõhjalisemaid teadmisi.

Teisele uurimisküsimusele: millised autori tegevused õpetamisel põhjustasid muutusi järeltesti tulemustes võrreldes eeltesti tulemustega; kokkuvõtlik vastus oleks, et muutusi järeltesti

tulemustes mõjutas enam kinemaatika ja dünaamika alustalade rõhutamine ja erinevate õpetamismeetodite rakendamine (teooria, arvutusülesanded, suulised arutelud, graafikud), kuid katsete tegemine (teadmiste rakendamine) ja mõisteliste kontseptsioonide sügavam käsitus ning arutelu lisaks annaksid kindlasti paremaid tulemusi.

Uurimuse piiranguks on valimi suurus ning vähene võrreldavus eelnevate Eestis läbi viidud uuringutega. Antud töö tugevuseks võib lugeda nii kvantitatiivse kui ka kvalitatiivse lähenemise ning töös kasutatud testi kui edaspidise instrumendi loomise füüsikaõpetaja töö kvaliteedi parandamiseks.

Kokkuvõte

Antud magistritöö koostamise eesmärk oli hinnata õpilaste teadmisi füüsikas enne ja peale mehaanika kursuse läbimist põhikooli 8. klassis toetudes jõu mõistelisele testile ja autori poolt juurde loodud kinemaatika ja dünaamika testiosadele. Samuti analüüsida seda, millised õpetaja tegevused õpetamisel põhjustasid muutusi testitulemustes. Kuna jõu mõisteline test on mõeldud ülikooliõpilastele ja gümnaasiumiõpilastele, siis autor kohandas ja laiendas antud instrumenti, et see vastaks rohkem 8. klassi tasemele ja õppekavale. Magistritöö raames püstitas autor kaks uurimisküsimust: millised olid tugevamatel ja nõrgematel õpilastel testitulemused erinevates kategooriates ning millised autori tegevused õpetamisel põhjustasid muutusi järeltesti tulemustes võrreldes eeltesti tulemustega?

Nõrgematel õpilastel oli teadmiste normaliseeritud juurdekasv suurem autori poolt koostatud kinemaatika ja dünaamika testiosas, kuid oli negatiivne FCI testi puhul, mistõttu saab järeldada, et FCI test oli nõrgemate õpilaste jaoks liiga keeruline. Tugevamatel õpilastel oli teadmiste juurdekasv kõigis testiosades, kaasaarvatud FCI testiosas, millest saab järeldada, et õpetatav kursus andis neile laiapõhjalisemaid teadmisi. Seda sama kinnitas ka t-test, mille p väärtused jäid dünaamika ja kinemaatika (tugevamatel ka FCI testi) osas alla 0.05. Muutusi järeltesti tulemustes mõjutas enam kinemaatika ja dünaamika alusmõistete rõhutamine ja erinevate õpetamise meetodite rakendamine (teooria, arvutusülesanded, suulised arutelud, graafikud), kuid katsete tegemine (teadmiste rakendamine) ja mõisteliste kontseptsioonide sügavam käsitus ning arutelu lisaks saaksid tulemusi veelgi parandada. Autori koostatud testi Cronbach alfa väärtus oli 0.83, mis tõendab, et koostatud testi reliaablus on hea ning et seda saab ka edaspidi põhikooli õpilaste mehaanika õppe analüüsimiseks kasutada.

Kirjanduse loetelu

Aarna, S. (2020). Elva gümnaasiumi kaheksandate ja üheksandate klasside õpilaste väärarusaamad seoses newtoni mehaanikast arusaamisega. Magistritöö.

Ambrose, S.A., Bridges, M.W., DiPietro, M., Lovett, M.C., Norman, M.K., & Mayer, R.E. (2010) *How Learning Works: Seven Research-Based Principles for Smart Teaching*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

Bransford, J. D., & Johnson, M. K. (1972). Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall . *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 717 – 726.

Carr, W. & Kemmis, S. (1986). *Becoming Critical*. London: Falmer.

Cahill, M. J., Hynes, K. M., Frey, R. F, McDaniel, M. A., Stoen, S.M. (2020). Force Concept Inventory: More than just conceptual understanding. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 16, 010105

Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021-2035. (2021). https://taie.ee/sites/default/files/documents/2022-11/3._taie_arengukava_kinnitatud_15.07.2021_0.pdf

Hake, R., R. (2002). Assessment of Physics Teaching Methods. Proceedings of the UNESCO-ASPEN Workshop on Active Learning in Physics, University of Peradeniya, Sri Lanka, 5-6. <http://www.thevniiversity.com/downloads/edu/hake-srilanka-assessb.pdf>

Hake, R., R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64.

Hestenes, D., Hallound, G. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory A response to Huffman and Hellert. *The Physics Teacher*, 33, 502-506.

Hestenes, D., Wells, M., and Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The physics teacher*, 30(3):141–158.

Hopkins, D. (1993). *A Teacher's Guide to Classroom Research* (2nd ed.) Milton Keynes: Open University Press.

Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner* (3rd ed.) Geelong, Australia: Deakin University Press.

Kutsestandard. Õpetaja tase 7. Sihtasutus Kutsekoda. (2020).

Logan, M., Skamp, K. (2012). The Impact of Teachers and Their Science Teaching on Students' 'Science Interest': A four-year study. *International Journal of Science Education - INT J SCI EDUC.* 35. 1-26. 10.1080/09500693.2012.667167.

Löfström, E. (2011). Tegevusuuringu käsiraamat. *Eduko*, 14.
file:///Users/aune/Downloads/Erika_Lofstrom_Tegevusuuringu_kasiraamat%20(1).pdf

Madsen, A., McKagan, S. B., and Sayre, E. C. (2022). How are research-based assessment instruments developed and validated?

McKagan, S., Sayre, E., Madsen, A. (2022). Normalized gain: What is it and when and how should I use it? <https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93334>

Mayer, R. E. (2002). *The promise of educational psychology, volume 2: Teaching for meaningful learning*. Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.

Morel, V., Vask, A. (2023). Üksikvastuste teooria rakendamine jõu mõistelise testi analüüsimisel. *Magistritöö*.

Norton, L.S. (2009). *Action Research in Teaching and Learning. A practical guide to conducting pedagogical research in universities*. London: Routledge.

Planinic, M., Ivanjek, L., and Susac, A. (2010). Rasch model based analysis of the force concept inventory. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 6:010103.

Põhikooli riiklik õppekava (2024). *Riigi Teataja I*, 10.08.2024, 2
<https://www.riigiteataja.ee/akt/110082024002>

Resnick, L. B. (1983). Mathematics and science learning. *Science*, 220, 477 – 478 .

Shirazi, S. (2017). Student experience of school science. *International Journal of Science Education*, 39(14):1891–1912.

Summary

The purpose of this master's thesis was to evaluate the student's knowledge of physics before and after completing the mechanics course in the 8th grade of basic school based on the Force Concept Inventory (10 questions out of 30 were taken from the original test), and the kinematics and dynamics test parts which were created and added by the author. Moreover, to analyze which author's actions during the teaching process caused changes in the post-test results. Since the FCI test is developed for university and high school students, the author expanded the instrument to correspond more to the level and curriculum of the 8th grade. Within the framework of the master's thesis, the author posed two research questions: what were the test results of stronger and weaker students in different categories, and what actions of the author during the teaching process caused changes in the results of the post-test compared to the results of the pre-test?

The author divided students by the pre-test results into two groups: academically weaker and stronger students. Weaker students had a more significant normalized gain in knowledge on the author-designed kinematics and dynamics test section. Still, they were negative on the FCI part of the test, so it can be concluded that the FCI test was too difficult for weaker students. However, stronger students had an increase in knowledge in all test sections, including the FCI test section, from which it can be concluded that the taught course provided them with a broader knowledge base. The same was confirmed by the t-test, whose p-values were below 0.05 in terms of dynamics and kinematics (also the FCI test for stronger students). The changes in the results of the post-test were more influenced by the emphasis on the basic concepts of kinematics and dynamics and the application of different teaching methods (theory, calculation tasks, oral discussions, graphs), but conducting experiments (application of knowledge) and a deeper analyse and discussion of conceptual concepts could further improve the results. The Cronbach alpha value of the test prepared by the author was 0,83, which proves that the reliability of the prepared test is good and that it can be used in the future to analyze the study of mechanics among 8th and 9th graders (MYP 4 and 5, which means two last years of the middle years programme in IB).

Lisa 1. Koostatud test (eestikeelne)

Mehaanika test

Nimi

Tõmba ring ümber õigele vastusevariandile.

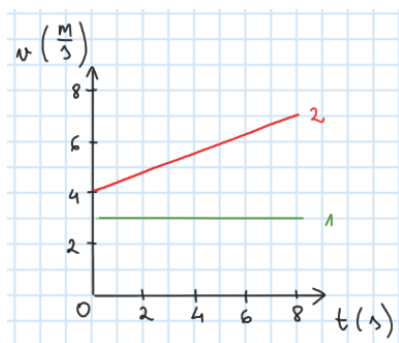
1. Poiss sõidab rattaga 15 km/h. Kui kaugele jõuab ta poole tunniga?

- (A) $\frac{1}{30}$ km;
- (B) 7.5 km;
- (C) 15 km;
- (D) 30 km;
- (E) 450 km.

2. Auto sõitis Tallinnast Käärikule 90 km/h ning tegi seal avarii. Tallinnast Käärikule on vahemaa 238 km. Tagasi Tallinna töökotta sõitis ta 40 km/h (vahemaa on sama). Kui suur on auto keskmine kiirus? Vastused on antud täisarvudes.

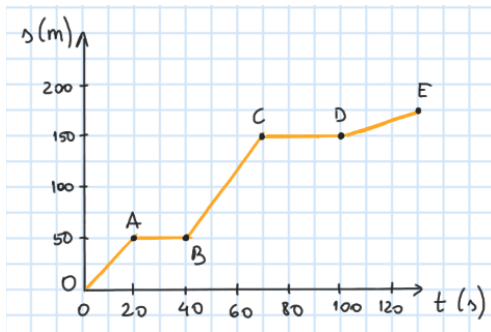
- (A) 50 km/h;
- (B) 55 km/h;
- (C) 65 km/h;
- (D) 85 km/h;
- (E) 110 km/h.

3. On antud kiiruse graafik. Milline liikumine on kehal 1 ja kehal 2?



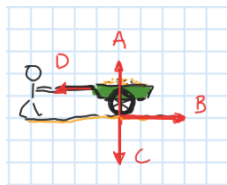
- (A) 1 lineaarne ja 2 lineaarne;
- (B) 1 ühtlane sirgjooneline ja 2 ühtlaselt muutuv;
- (C) 1 ühtlane sirgjooneline ja 2 mitteühtlane sirgjooneline;
- (D) 1 sirge ja 2 kaldega;
- (E) 1 seisab ja 2 liigub ühtlaselt.

4. On antud teepikkuse graafik. Millal on keha kiirus suurim?



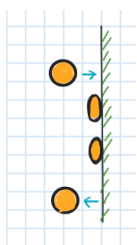
- (A) lõigul OA;
- (B) lõigul AB;
- (C) lõigul BC;
- (D) lõigul CD;
- (E) lõigul DE.

5. Joonisel veab mees vankrit. Kirjuta joonisel olevate tähtede asemele jõud, mida need tähed kujutavad järgnevast valikust (ühte jõudu pole joonisel antud): toereaktsioon, veojõud, raskusjõud, õhutakistus, hõõrdejõud.



- (A)
- (B)
- (C)
- (D)
- (E) Loetelus olevatest jõududest pole joonisel antud:

6. Pildil on kujutatud



- (A) palli plastset deformatsiooni;
- (B) palli gravitatsiooni;
- (C) palli elastset deformatsiooni;
- (D) palli seisuhõõrdejõudu;
- (E) palli veerehõõrdejõudu.

7. Kehale mõjub raskusjõud 3000N. Kui suur on keha mass, kui raskuskiirendus $g = 10 \text{ N/kg}$?

- (A) $\frac{1}{300} \text{ kg}$;
- (B) 300 kg;
- (C) 3000 kg;
- (D) 30 000 kg;
- (E) pole võimalik antud andmetega arvutada.

8. Millistel järgmistest juhtudest on antud füüsikalise suuruse väärtus õigetes ühikutes?

- (A) konservikarbi sisu netokaal on 300 g;
- (B) kraana tõstejõud on 60 t;
- (C) kraanaga tõstetava koorma mass on 10 t;

- (D) poisi kaal on 60 kg;
- (E) kõik vastused on õiged.

9. Mis põhjustab keha kiiruse muutust?

- (A) muutus teepikkuses;
- (B) muutus ajas;
- (C) muutus trajektooris;
- (D) muutus kehale rakendatavas jõus;
- (E) mitte miski siit, kiirus muutub ise, kui on soodsad tingimused.

10. Keha kuju muutumist nimetatakse

- (A) rõhumiseks;
- (B) elastsusjõuks;
- (C) raskusjõud;
- (D) deformatsiooniks;
- (E) ruumalaks.

11. Keha inertsuse mõõduks on keha

- (A) mass;
- (B) tihedus;
- (C) deformatsioon;
- (D) gravitatsioon;
- (E) inertsiaalsus.

12. Kehade vastastikmõju tugevust iseloomustab

- (A) mass;
- (B) tihedus;
- (C) jõud;
- (D) rõhk;
- (E) inertsiaalsus.

13. Mida suurem on Maal oleva keha mass, seda suurem on

- (A) raskusjõud;
- (B) kiirus;
- (C) Maa gravitatsioonivälja tugevus;
- (D) liikumiseks kulunud aeg;
- (E) kõik vastused on õiged.

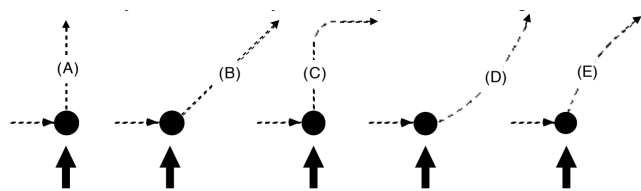
14. Dünamomeetriga mõõdetakse

- (A) ruumala;
- (B) tihedust;
- (C) kiirust;
- (D) jõudu;
- (E) rõhku.

15. Suur veoauto põrkab kokku väikese sõiduautoga. Kokkupõrke vältel:

- (A) mõjub veoauto sõiduautole suurema jõuga, kui sõiduauto mõjub veoautole;
- (B) mõjub sõiduauto veoautole suurema jõuga, kui veoauto sõiduautole;
- (C) kumbki auto ei avalda teineteisele jõudu; sõiduauto puruneb lihtsalt seepärast, et see jääb sõiduautole ette;
- (D) veoauto mõjub sõiduautole jõuga, kuid sõiduauto veoautole jõudu ei avalda;
- (E) veoauto mõjub sõiduautole sama suure jõuga, kui sõiduauto veoautole.

16. Joonisel on kujutatud hokilitter, mis libiseb horisontaalsel hõõrdevabal pinnal konstantse kiirusega v_0 . Te vaatate litrit pealtvaates.



Horisontaalsel libisemisel saab litter teatud punktis löögi jämeda noolega näidatud suunas. Kui litter seisaks paigal, hakkaks see litter pärast antud lööki liikuma horisontaalselt löögi suunas kiirusega v_1 .

Õhu poolt avaldatud jõudu ei pea arvestama.

Märgi milline joonisel kujutatud trajektooridest kirjeldab kõige täpsemini litri trajektoori pärast kirjeldatud lööki.

- (A)
- (B)
- (C)
- (D)
- (E)

17. Teie poolt küsimuses 16 välja valitud hõõrdevabal trajektooriga liikuva litri kiirus:

- (A) on konstantne;
- (B) suureneb pidevalt;
- (C) väheneb pidevalt;
- (D) on mõnda aega kiirenev, kuid pärast seda aeglustuv;
- (E) on mõnda aega konstantne, kuid pärast seda hakkab vähenema.

18. Teie poolt küsimuses 16 välja valitud hõõrdevabal trajektooriga liikuvale litrile mõjuv/mõjuvad peamised jõud on:

- (A) allapoole mõjuv gravitatsioonijõud;
- (B) allapoole suunatud gravitatsioonijõud ning liikumissuunas mõjuv horisontaalne jõud;
- (C) allapoole mõjuv gravitatsioonijõud, ülespoole suunatud pinna poolt avalduv jõud ning liikumissuunas mõjuv horisontaalne jõud;
- (D) allapoole mõjuv gravitatsioonijõud ja ülespoole suunatud pinna poolt avalduv jõud;
- (E) neid ei ole (litrile ei mõju ühtki jõudu).

Suur veoauto läheb maanteel katki ning saab seetõttu tagantpoolt löögi väiksest sõiduautolt, nagu näha joonisel.



19. Kui eelmisel leheküljel oleval joonisel väike auto üritab veoautot lükates saavutada oma tavalist sõidukiirust, siis:

- (A) jõud, millega sõiduauto lükkab veoautot, on sama suur, kui jõud, millega veoauto lükkab sõiduautot vastassuunas;
- (B) jõud, millega sõiduauto lükkab veoautot, on väiksem, kui jõud, millega veoauto lükkab sõiduautot vastassuunas;
- (C) jõud, millega sõiduauto lükkab veoautot, on suurem, kui jõud, millega veoauto lükkab sõiduautot vastassuunas;
- (D) sõiduauto mootor töötab, mistõttu sõiduauto surub vastu veoauto tagaotsa, kuid veoauto mootor ei tööta, mistõttu ei saa see sõiduautot vastu suruda. Veoautot lükatakse edasi lihtsalt sellepärast, et see jäi sõiduauto teele ette.
- (E) Ei sõiduauto ega ka veoauto avalda teineteisele jõudu. Veoautot lükatakse edasi lihtsalt sellepärast, et see jäi sõiduauto teele ette.

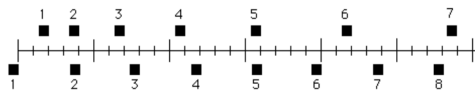
20. Kui eelmisel leheküljel oleval joonisel sõiduauto saavutab kiiruse, millega selle juht soovib veoautot lükata, siis:

- (A) jõud, millega sõiduauto lükkab veoautot, on sama suur, kui jõud, millega veoauto lükkab sõiduautot vastassuunas;
- (B) jõud, millega sõiduauto lükkab veoautot, on väiksem, kui jõud, millega veoauto lükkab sõiduautot vastassuunas;
- (C) jõud, millega sõiduauto lükkab veoautot, on suurem, kui jõud, millega veoauto lükkab sõiduautot vastassuunas;

- (D) sõiduauto mootor töötab, mistõttu sõiduauto surub vastu veoauto tagaotsa, kuid veoauto mootor ei tööta, mistõttu ei saa see sõiduautot vastu suruda. Veoautot lükatakse edasi lihtsalt seepärast, et see jäi sõiduauto teele ette.
- (E) ei sõiduauto ega veoauto avalda teineteisele jõudu. Veoautot lükatakse edasi lihtsalt seepärast, et see jäi sõiduauto teele ette.

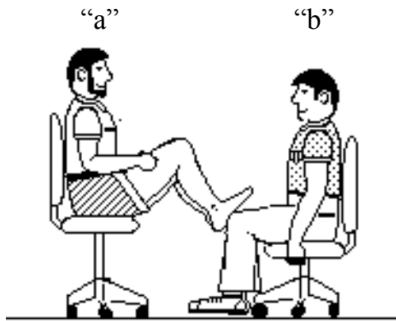
21. Joonisel on nummerdatud ruutudega märgitud kahe klotsi asukohad 0,20-sekundiliste ajavahemike tagant. Klotsid liiguvad paremale.

Kas neil klotsidel on mingisugusel ajahetkel ühesugune kiirus?



- (A) ei;
 (B) jah, ajahetkel 2;
 (C) jah, ajahetkel 5;
 (D) jah, ajahetkedel 2 ja 5;
 (E) jah, mingisugusel ajahetkel vahemikus 3-st 4-ni.

22. Joonisel kujutatud üliõpilaste a ja b massid on vastavalt 95kg ja 77kg. Nad istuvad ühesugustel kontoritoolidel näoga üksteise poole. Üliõpilane a paneb oma paljad jalad üliõpilase b põlvedele, nagu näha joonisel. Järgnevalt tõukab üliõpilane a järsult üliõpilase b tooli jalgadega endast eemale, nii, et mõlemad toolid lähevad liikuma. Tõuke ajal ning ajal, mil üliõpilased veel kontaktis on:



- (A) ei avalda kumbki üliõpilane üksteisele jõudu;
 (B) üliõpilane a avaldab jõudu üliõpilasele b, kuid üliõpilane b ei avalda jõudu üliõpilasele a;
 (C) mõlemad üliõpilased avaldavad üksteisele jõudu, kuid üliõpilase b poolt avaldatav jõud on suurem;
 (D) mõlemad üliõpilased avaldavad üksteisele jõudu, kuid üliõpilase a poolt avaldatav jõud on suurem;
 (E) mõlemad üliõpilased avaldavad üksteisele sama suurt jõudu.

23. Tühi kontoritool seisab pörandal. Kujuta ette järgmiseid jõudusid:

1. allapoole suunatud gravitatsioonijõudu;
2. pöranda poolt toolile mõjuv ülespoole suunatud jõudu;
3. toolile mõjuvat õhu poolt tekitatud allapoole suunatud jõudu.

Millised neist jõududest mõjuvad kontoritoolile?

- (A) ainult 1;
- (B) 1 ja 2;
- (C) 2 ja 3;
- (D) 1, 2 ja 3;
- (E) mitte ükski neist jõududest. (Kuna tool seisab paigal, siis sellele jõudusid ei mõju.)

24. Hoolimata väga tugevast tuulest õnnestub tennisemängijal reketiga palli lüüa, nii, et see lendab üle võrgu ja maandub vastasmängija väljakupoolel. Kujuta ette järgmiseid jõude:

1. allapoole suunatud gravitatsioonijõudu;
2. "löögi" jõudu;
3. õhu poolt avaldatavat jõudu.

Milline/millised neist jõududest mõjub/mõjuvad tennisepallile pärast seda, kui pall kaotab kontakti reketiga, ning enne, kui pall maandub väljakul?

- (A) ainult 1;
- (B) 1 ja 2;
- (C) 1 ja 3;
- (D) 2 ja 3;
- (E) 1, 2, ja 3.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Aune Nigol,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose Eel- ja järeltestide kasutamise õppeprotsessi efektiivsuse hindamisel, mille juhendajad on Kaido Reivelt ja Rauno Neito, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Aune Nigol

17.08.2024