

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Ökoloogia ja maateaduste instituut

Loodusteadusliku hariduse keskus

Jaak Joonas Keldoja

**Põhikooli füüsika kursuse „Mehaanika” õppimist toetavate
probleemipõhiste ülesannete koostamine ning õpetajate tagasiside
ja täienduste panekud nende ülesannete kohta**

Magistritöö

Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendaja:

lektor PhD Svetlana Ganina

TARTU

2026

Põhikooli füüsika kursuse „Mehaanika” õppimist toetavate probleemipõhiste ülesannete koostamine ning õpetajate tagasiside ja täiendustepanekud nende ülesannete kohta

Antud magistritöö eesmärk on sõnastada probleemipõhiseid ülesandeid, mida saaks kasutada põhikooli füüsika kursusel „Mehaanika“ ning saada füüsikaõpetajatelt tagasisidet koostatud ülesannetele. Esmalt selgitati kirjanduse põhjal välja, millistele kriteeriumitele peaks vastama hästi sõnastatud probleemülesanne. Selgus muuhulgas, et hea probleem paneb õpilase küsimusi küsima, tekitab õppijas tahtmise saada teemast sügavuti aru ning on piisavalt keerukas, tagades et õppijad peavad tegema koostööd selle lahendamiseks. Seejärel koostati kolm probleemipõhist ülesannet põhikooli füüsika kursuse „Mehaanika“ õppimiseks ning koguti õpetajatelt nende kohta tagasisidet. Tagasisidest saadi näiteks mõtteid, kuidas muuta kontekste elulisemaks ning millised kohad tekstis võivad tekitada segadust.

Märksõnad: füüsika õpetamine, põhikool, probleemipõhine õpe, õpetajate tagasiside

CERCS: S272 Õpetajakoolitus

Developing Problem-Based Tasks for the Lower-Secondary Physics Course “Mechanics” and Teachers’ Feedback and Suggestions for Their Improvement

The aim of this master’s thesis is to formulate problem-based tasks that can be used in the lower-secondary physics course *Mechanics* and to gather feedback from physics teachers on the tasks created. A literature review was conducted to determine the criteria that a well-formulated problem task should meet. The review showed, among other things, that a good problem encourages students to ask questions, fosters a desire to understand the topic in depth, and is sufficiently complex to ensure that learners must collaborate to solve it. Next, three problem-based tasks were developed for teaching the *Mechanics* course, and feedback on them was collected from teachers. The feedback provided insights, for example, into how to make the contexts more realistic and which parts of the text might cause confusion.

Keywords: physics education, basic school, problem-based learning, teachers’ feedback

CERS: S272 Teacher education

Sisukord

Sisukord.....	3
Sissejuhatus	4
1. Kirjanduse ülevaade	6
1.1 Probleemipõhise õppe metoodika.....	6
1.2 Probleemipõhise õppe eelised	7
1.3 Probleemipõhise õppe puudused	10
1.4 Hea probleemülesanne.....	10
2. Metoodika.....	12
2.1 Füüsikaalaste probleemülesannete koostamine	12
2.2 Valim	14
2.3 Andmete kogumine.....	14
2.4 Andmete analüüs	15
2.5 Eetilised aspektid.....	16
3. Tulemused	16
3.1 Hästi sõnastatud probleemülesannete tunnused	16
3.2 Tagasiside autori poolt koostatud ülesannetele	17
3.3 Täiendusetepanekud autori poolt koostatud ülesannetele	22
4. Arutelu.....	25
Kokkuvõte	27
Kirjanduse loetelu	29
Summary	32
Lisa 1. Autori koostatud probleemülesanded	33
Ülesanne 1: Mäest üles	33
Ülesanne 2: Rehvivahetus	34
Ülesanne 3: Parve ehitamine	35
Lisa 2. Intervjuu kava.....	36
Lisa 3. Täiendusetepanekud ülesannete kohta	38

Sissejuhatus

Aegamisi muutub tööturg ja koos sellega muutuvad teadmised ja oskused, mida on töötajatel vaja. Haridus- ja teadusministeerium (edaspidi HTM) leiab, et kuna muutuvad ühiskonna ja töömaailma ootused, siis peab muutuma ka õpikäsitlus ning HTM-i kodulehelt saab lugeda, millised oskused on ühiskonnas muutunud üha olulisemaks: suhtlemis- ja koostööoskused, suutlikkus töötada koos teiste valdkondade esindajatega, oskus kriitiliselt infoallikaid valida ning kriitilise mõtlemise oskus üldiselt (Õpikäsitlus, s.a.).

Riiklikesse õppekavadesse on samuti sarnaseid elemente sisse pandud. Põhikooli riiklikus õppekavas on näiteks kirjas, et õpilastes tuleb arendada suhtluspädevust, m.h oskust oma seisukohti esitada ja põhjendada (Põhikooli riiklik õppekava, 2023). Samuti taotletakse füüsika õpetamisega põhikoolis, et õpilane õpib kasutama füüsikaalase teabe leidmiseks erinevaid allikaid ning hindab nende usaldusväärsust (Ainevaldkond „Loodusained”, 2023).

Üks võimalusi püüda täita selliseid ootusi on koolides probleemipõhise õppe kasutamine. Antud metoodika võiks soodustada eelpool loetletud oskuste õppimist. Probleemipõhist õpet on defineeritud kui õpetamismetoodikat, kus õpilast ärgitatakse uusi teadmisi õppima selle kaudu, et antakse lahendada päriselulisi probleeme (Duch et al., 2001). Teisisõnu võib öelda, et uusi teadmisi ei anta õpilastele valmiskujul, vaid nad õpivad iseseisva uurimistöö kaudu (Karm, 2013). Seejuures on antud metoodikas kokku pandud nii eelnevate teadmiste meenutamine, uute teadmiste õppimine kui ka probleemilahendus- ja meeskonnatööoskuse arendamine (Pilli & Marandi, 2011).

Soovitus viia koolitunde läbi probleemipõhiselt on ka otsesõnu riikliku õppekava Lisas 4 kirjas. Sealt saab lugeda, et „Õpitav materjal esitatakse võimalikult probleemipõhiselt ning õpilase igapäevaeluga seostatult” (Ainevaldkond „Loodusained”, 2023). Samuti kirjeldakse selles õppekava lisas, et õpilaste võimeid tuleb arendada mitmekülgset ja suurt tähelepanu vajab õpimotivatsiooni kujundamine – selle saavutamiseks soovitatakse rakendada erinevaid aktiivõppevorme, sh probleemõpet, ajurünnakuid, arutelu.

Lisaks tööturu muutumisele on avardunud ka üldised arusaamised õppimisest ning õppimistulemuste uurijad on avastanud, et üks suuremaid väljakutseid on aidata õppijatel õppida nii, et neile õpitu hiljem ka töökontekstis meelde tuleks ning nad seda kasutada oskaks (Pilli, 2014). Õpitu meenumisel on oluline osa kontekstil, kus õppimine toimus (Aru, 2016),

seega võiks probleemipõhine – s.t mingi elulise konteksti põhine – õpe soodustada õpitu meenumist vajalikul eluhetkel.

Pilli & Marandi (2011) toovad välja, et üks probleemipõhise õppe kasutamisega seotud murekoht on heade õppematerjalide puudus. Kuna materjalidest on puudus, siis peavad õpetajad ise probleeme välja mõtlema. Ühe uuringu järgi ongi füüsikaõpetajate jaoks suurim raskus probleemipõhise õppe kasutamisel just sobivate probleemide välja mõtlemine (Nurhayati et al., 2023). Sellest kirjutatakse ka mujal, et heade probleemide sõnastamine võtab aega (*What is problem...*, 2024).

Nendest põhjustest tulenevalt on antud magistritöös võetud eesmärgiks sõnastada vastavalt kindlatele kriteeriumitele probleemülesandeid, mida saaks kasutada põhikooli füüsika „Mehaanika“ kursusel ning saada füüsikaõpetajatelt tagasisidet koostatud ülesannetele. Eesmärgi saavutamiseks sõnastati järgmised uurimisküsimused:

1. Millistele kriteeriumitele peaks vastama hästi sõnastatud probleemülesanne, mida saab kasutada põhikooli füüsikaõppes?
2. Mil määral toetavad füüsikaõpetajate arvates autori loodud probleemipõhised ülesanded põhikooli õpilaste õppimist füüsika kursusel „Mehaanika“?
3. Milliseid ettepanekuid teevad füüsikaõpetajad loodud probleemülesannete täiendamiseks?

Autor avaldab suurt tänu oma juhendajale, kelle pidev sõbralik ja julgustav tagasiside aitas palju kaasa käesoleva töö valmimisele. Samuti mängisid selles töös väga olulist osa kaaskodeerija, kes aitas transkriptsioone läbi töötada, ning kõik need kuus õpetajat, kes olid nõus autori koostatud ülesannetesse süvenema ja tagasisidet andma.

1. Kirjanduse ülevaade

Probleemipõhise õppe sünonüümidega kasutatakse veel termineid probleemõpe ja uuriv õppimine ning ingliskeelseks vasteks on *problem-based learning* (lühendatult *PBL*) (Karm, 2013). Töös kasutatakse sünonüümidega termineid probleemipõhine ülesanne ja probleemülesanne. Need on ülesanded, mis on loodud selleks, et kasutada probleemipõhise õppe metoodikat.

1.1 Probleemipõhise õppe metoodika

Probleemipõhine õpe toimub rühmades ning Schmidt'i & Moust'i (2000, viidatud Barrett, 2005) järgi jaguneb probleemipõhiselt õppides õppetegevus seitsmesse etappi:

- 1) Õpilastele antakse kätte probleem ning nad uurivad välja probleemi kirjelduses esinevad tundmatud terminid.
- 2) Õpilaste rühm sõnastab, milles seisneb probleem, mis on vaja lahendada.
- 3) Viiakse läbi ajurünnak: püütakse oma praeguseid teadmistega probleemile võimalikult palju lahendusi välja mõelda.
- 4) Arutletakse kirja pandud mõtete üle ning püütakse hetketeadmiste abil selgitada probleemis kirjeldatud olukorda.
- 5) Sõnastatakse õpieesmärgid: pannakse kirja, mida on vaja uurida, et probleemile lahendus leida.
- 6) Iseseisev õppimine: vastavalt õpieesmärkidele otsib iga rühma liige iseseisvalt vajalikku infot.
- 7) Jagatakse leitud infot rühmakaaslastega ning kujundatakse rühma ühine arusaamine ja lahendus probleemile.

Pilli (2014) kirjelduse kohaselt esitleb seejärel iga rühm oma lahendust ülejäänud klassile. Lahenduse esitlemiseks soovitatakse leida loovaid variante nagu nt lahenduse praktiline demonstreerimine või rollimäng (*Problem-based learning*, s.a.-a). Viimase tegevusena analüüsitakse kogu protsessi ning antakse tagasisidet, seejuures annavad tagasisidet nii õpetaja kui ka kaasõpilased ning igaüks hindab ka iseennast (Barrett, 2005).

Koos üht probleemi lahendavas rühmas on ette nähtud ka kindlad rollid. Karmi (2013) järgi on nendeks rühmajuht, kirjutaja, lugeja, aja jälgija ning ülejäänud rühma liikmed. Rühmajuht on vastutav tegevuse ettenähtud struktuurist kinnipidamise eest, jälgib, et kõik saaksid sõna, samuti kindlustab, et kõik saaksid aru, millised on eesmärgid individuaalsel õppimisel. Juht

teeb ka vahe- ja lõppkokkuvõtteid. Kirjutaja tööks on väljaõeldud mõtted arusaadavalt üles kirjutada ja ülevaatlikult paberile või tahvlile paigutada. Ta fikseerib arutelu käigu ja rõhutab probleemi lahendamiseks olulisi punkte. Lugeja ülesanne on esmalt probleemi kirjeldus valjusti ette lugeda. Ta peaks vajadusel tegema seda ka korduvalt ja juhtima tähelepanu olulistele aspektidele. Aja jälgija hoolitseb selle eest, et rühma kogunemistel kasutataks aega otstarbekalt. Ülejäänud rühma liikmetel ei ole spetsiifilist eriülesannet, nemad osalevad diskussioonis, kuulavad, teevad märkmeid ja aitavad muul sobival moel probleemi lahendamisele kaasa.

Lisaks on veel toetavaks ja suunavaks jõuks klassis tuutor ehk juhendaja. Seda rolli täidab õpetaja (või ülikoolis õppejõud). Tuutor loob mh õppimist soodustava õhkkonna, kuulab tähelepanelikult arutelusid, suunab vajadusel protsessi ning julgustab kõiki aktiivselt osalema. Tema ülesanne on ka tagada, et saavutataks ettenähtud õpitulemused. (Karm, 2013)

Kõige kitsamas tähenduses on probleemipõhine õpe metoodika, mida kasutatakse läbivalt terve semester (või nt poolaasta) peamise õppimisviisina. Laiemalt võttes nimetatakse aga probleemipõhiseks õppeks ka seda, kui viiakse läbi ainult üks probleemilahendamise tsükkel või kasutatakse probleemülesannet lihtsalt arutelu tekitamiseks. (*Problem-based learning (PBL)*, s.a.)

Probleemipõhist õpet on kasulik läbi viia pikema õpitsükli (nt poolaasta) vältel. Seejuures võiksid jääda õpirühmad samaks, rollid aga vahetuda. Sama rühma koosseis pikema aja jooksul võimaldab jõuda koostööfaasi ning õpetab tegema samade inimestega pikemaajalist koostööd – just nii nagu ka hilisemas tööelus tüüpiline on (Pilli, 2014). Rollide vahetamine võimaldab aga õpilastel arendada erinevaid oskusi (Pilli & Marandi, 2011).

Enne kui lasta rühmadel probleemide kallale asuda, on soovituslik lasta neil paika panna rühma kokkulepped – selleks et töö rühmas kulgeks tõhusamalt. Hea mõte võib olla ka see, kui teha enne esimest probleemi soojenduseks selline harjutus, kus õpilastel tuleb nii enda kui ka grupikaaslaste tööd hinnata. Seda tasub teha siis, kui hiljem on plaanis hindamise ühe osana kasutada enese- ja kaaslaste hindamist. (*Problem-based learning*, s.a.-b)

1.2 Probleemipõhise õppe eelised

Probleemipõhist õpet on suunanud kasutama mitmed seaduspärad, mida on õppimise kohta teada saadud. Näiteks on teada, et õpitu meenumisel mängib suurt rolli kontekst, kus antud mälujalg salvestati – mitte ainult sisu ise (Aru, 2016). Seega võiks probleemipõhine õpe soodustada seda, et õpitu parajal hetkel ka meenub, sest sellisel õppimisviisil on selge kontekst.

Selleks kontekstiks on ühe konkreetse probleemi lahendamine. Seevastu ainult teooriana õpitud teadmine ei pruugi praktilises situatsioonis meenuda ja võib seega kasutuks osutada (Pilli, 2014).

2023. aastal analüüsiti artikleid, mis empiirilisel uurisid probleemipõhise õppe kasutamise mõju füüsika õppimisele. Järeldati, et probleemõpet kasutades jõuab pikaajalisse mällu infot rohkem ja see on kergemini kättesaadav (Gumisirizah et al., 2023).

Niisamuti on täiskasvanuõppe teoreetikud rõhutanud, et inimene õpib probleemikeskselt paremini kui ainekeskselt. Sellega haakub inimese arengus kehtiv seaduspära, mis ütleb, et arusaamine kujuneb konkreetsest abstraktse suunas (Pilli, 2014). Probleemipõhise õppe puhul just niimoodi õppimine üles ehitatakse: kõigepealt on probleem (midagi konkreetset) ning selle kaudu jõutakse teoreetiliste (ehk abstraktsemate) teadmiseni, mis antud probleemiga seostuvad. Eelneva printsiibi olulisusele on tähelepanu juhtinud ka Arro (2023), öeldes, et esmalt peaks õppijale andma küsimuse ning aja, et sellele mõelda ja oma varasemad mälusisud aktiveerida. Alles seejärel võiks sisse tuua teooria – see aitab tema sõnul jõuda sügava õppimiseni.

Sügav õppimine tähendab, et keskendutakse sisu mõistmisele, proovides luua pidevalt seoseid, sh uute ja eelnevate teadmiste vahel ning õpitava ja igapäevaelu vahel. Samuti on sügava õpihoiaku üks osa sisemine motivatsioon õppida ning huvi õpitava vastu. Sellele vastanduvat pindmist õpihoiakut iseloomustab aga õpitava nägemine eraldiseisva teemana, mitte osana päris elust kui tervikust: õpitakse ära faktid, seostamata neid laiemas konteksti ja olemasolevate teadmistega, mistõttu on raskem neid teadmisi uudsetes situatsioonides kasutada (Chin & Brown, 2000).

Lisaks eelmainitule tuuakse välja veel mitmeid probleemipõhise õppe eeliseid. Seda meetodikat järgides arendatakse peale ainealaste teadmiste ka kriitilist mõtlemist ning probleemilahendus- ja suhtlemisoskust. Samuti saab probleemõppe kaudu õpetada õpilasi informatsiooni otsima ning selle info usaldusväärsust hindama (Duch et al., 2001). Eelmainitud oskused liigutuvad üldpädevuste alla: üldpädevused on „ainevaldkondade ja õppeainete ülesed pädevused, mis on olulised inimeseks ja kodanikuks kasvamisel” (Põhikooli riiklik õppekava, 2023).

Probleemikeskse lähenemise hea mõju üldpädevuste arengule tuleb välja ka teistes uuringutes. Gumisirizah et al. (2023) leidsid, et probleemipõhist õpet kasutades saadakse füüsikast

paremini aru ning arenevad kriitilise mõtlemise, probleemi lahendamise ja mitmed muud oskused. Probleemilahendusoskuse paranemist probleemipõhise õppe metoodikaga õppides kinnitas samade autorite poolt läbi viidud uuring Ugandas (Gumisirizah et al., 2024). Siis oli vaatluse all mehaanika teema probleemipõhine õppimine. Ka Fitria et al. (2024) tehtud metaanalüüsi järeldus on, et probleemipõhise õppe metoodika põimõppe vormis on parim variant 21. sajandi oskuste (kriitiline mõtlemine, loovus ning suhtlemis- ja koostööoskused) õppimiseks. Põimõpe ehk kombineeritud õpe (ing k *blended PBL*) tähendab seda, et osa õppeajast on õpetaja ja õppijad füüsiliselt koos ühes ruumis ja osa õppest toimub kaugõppena (Mäekivi, 2021).

Probleemipõhise õppe positiivseks küljeks võib lugeda ka seda, et see hõlmab nii individuaalset kui ka meeskonnatööd. Seejuures on rühmas töötades vajalik teistele oma arusaamist teemast selgitada, seega areneb ka vastav oskus. Kuna meeskonnas on alati ette nähtud juhi roll, saavad õpilased kogemuse teiste inimeste juhtimisel. Võimalus on õppida ka enese- ja kaaslaste hindamist. (Nilson, 2010)

Probleemipõhise lähenemise suurt positiivset mõju õppetulemustele näitas analüüs (Uluçınar, 2023), kus töötati läbi 55 eksperimentaalse uuringu tulemused. Seda metoodikat võrreldi neis uuringutes traditsioonilise õppega ning vaatluse all olid loodusteaduslikud ained. Sarnased tulemused saadi nii keemia, füüsika kui ka bioloogia puhul. Samuti täheldas Uluçınari läbi viidud metaanalüüs seda, et ka õppeastmete lõikes ei ole märkimisväärseid erinevusi: nii põhikoolis, gümnaasiumis kui ka ülikoolis läbi viidud uuringute järgi oli probleemõppe mõju õpitulemustele positiivne.

Probleemipõhine lähenemine õppimisele võib samuti parandada õppijate hoiakut loodusteaduste suhtes. Filipiinidel läbi viidud uuring (Caramay & Ortega-Dela Cruz, 2023) täheldas, et probleemipõhiselt õppinud grupp (8. klassi õpilased) sai paremini aru õpitud teemadest, nende hoiak loodusteaduste suhtes muutus positiivsemaks ning ka motivatsioon oli kõrgem. Kontrollgrupi õpe põhines loengutel. 2020. aastal viidi 6. klassi õpilaste seas läbi uuring (Kaçar et al., 2020), mille käigus 6. klassi õpilased õppisid koomikseid (ing k *concept cartoons*) sisaldavate probleemipõhiste ülesannete abil. Hiljem intervjueriti neid, et teada saada, mida nad sellisest õppest arvasid. Õpilased vastasid, et nende jaoks oli õpe tähenduslik, nad oskavad siduda loodusteaduslikke teemasid paremini igapäevaeluga ning nende huvi nendes tundides on suurem kui varem.

Eelmainitud tähenduslikku õppimist on Fink (2003) kirjeldanud kuue mõõtme abil. Lisaks mõistete mäletamisele ja mõistmisele teeb õppimise tähenduslikuks see, kui teadmisi rakendatakse ja seostatakse omavahel, sh seostatakse kogemust ja teadmisi. Samuti hõlmab tema taksonoomia kohaselt tähenduslik õppimine enese ja teiste tundma õppimist, väärtuste arendamist ja huvi tekitamist ning õppima õppimist. Need mõõtmed täiendavad üksteist ning mida rohkem õpetaja neid oma õppetöös arvestab, seda tähenduslikum on õppimine.

1.3 Probleemipõhise õppe puudused

Välja tasub tuua ka probleemipõhise õppe puudusi. Pilli & Marandi (2011) kirjeldavad, et õpetajatel võib olla mitmeid hirme ja probleeme seoses probleemipõhise õppe kasutamisega. Nende hulka kuuluvad hirm, et ei saavutata soovitud õpiväljundeid, hirm, et lahutakse valeinformatsiooniga, heade õppematerjalide puudus, vähene teadmine probleemõppe metoodikast, teadmatus, kuidas tulla toime kehvasti funktsioneeriva grupiga ning teadmatus, kuidas hinnata.

Hindamise keerukust probleemipõhises õppes kirjeldatakse ka Hastingsi kooli kodulehel: hinnata ei saa ainult ainealaseid teadmisi, vaid tuleks hinnata ka probleemi lahendamise protsessi ja oskusi, mida selle käigus arendati (*What is problem....*, 2024).

Üks eelpoolmainitud õpetajate hirme on asjaolu, et puudu on headest õppematerjalidest, sh sobivatest probleemülesannetest (Pilli & Marandi, 2011). Kuna õppematerjalidest on puudus, siis tuleb õpetajal, kes probleemipõhist õpet soovib kasutada, probleeme ise sõnastada. Heade probleemide sõnastamine võtab aga aega ja suuremat ajakulu mainitaksegi kõne all oleva metoodika ühe puudusena (*What is problem....*, 2024).

Nurhayati et al. (2023) tehtud uuring selgitas välja, milliseid raskusi esineb füüsikaõpetajatel probleemipõhise õppe kasutamisel. Selgus, et suurimaks raskuseks on sobivate probleemide välja mõtlemine: raske on koostada selliseid ülesandeid, mis aitaks saavutada nõutud õpitulemused ja 4C-oskused (kriitiline mõtlemine, loovus ning suhtlemis- ja koostööoskused).

1.4 Hea probleemülesanne

1.4.1 Hea probleemülesande tunnused

Kirjandusest ei õnnestunud leida infot selle kohta, millised on kriteeriumid, mis iseloomustaks spetsiifiliselt just füüsika õppimist toetavaid probleemülesandeid. Seetõttu tuli leppida üldisemate nõuannetega.

Karmi (2013) sõnul on hea probleem selline, mis suunab õppija õppima just seda, mida probleemi koostaja on eesmärgiks seadnud. Probleem võib seejuures olla esitatud väga erinevas vormis: kirjeldusena, dialoogina, dilemmana, juhtumina, videona, fotona, kirjana vms.

Duch et al. (2001) on toonud välja, mis iseloomustab üht head probleemülesannet:

- 1) tekitab õppijas tahtmise saada teemast sügavuti aru,
- 2) sunnib õppijat tegema põhjendatud otsuseid ning neid otsuseid ka teistele selgitama, oma seisukohti kaitsma,
- 3) aitab uut teadmist siduda eelnevate teadmistega,
- 4) on piisavalt keerukas – tagamaks, et õppijad peavad tõesti tegema koostööd selle probleemi lahendamiseks.

Osaliselt kattuvad eelnevatega seitse põhimõtet, mille toovad välja Dolmans et al. (1997). Nemad on leidnud, et head probleemülesannet iseloomustab järgnev:

- 1) sisu haakub hästi õpilaste eelteadmistega,
- 2) probleem on mitmeid ideealgeid, mis panevad õpilase edasi mõtlema,
- 3) kontekst on seotud tulevase elukutsega,
- 4) hõlmab mitmeid teemasid, tänu millele toimub erinevate teadmiste seostamine,
- 5) paneb õpilase küsimusi küsima ja iseseisvalt õppima,
- 6) suurendab õpilase huvi antud teema vastu,
- 7) on kooskõlas kursuse eesmärkidega.

Frezatti et al. (2018) märgivad ära, et heas probleemülesandes on probleem keeleliselt ja sisuliselt hästi arusaadav. Probleemi sõnastamisel on soovitatud ka jälgida, et kirjeldus oleks piisavalt konkreetne, oleviku vormis ning et probleemil oleks pealkiri; samuti ei tohiks probleemil olla ühte selget ja lihtsat lahendust (Pilli, 2014).

1.4.2 Nõuandeid hea probleemülesande koostamiseks

Sobivaid probleeme võib leida näiteks ajalehtedest, ajakirjadest, raamatutest, õpikutest, televisioonist, filmidest. Mõnda peab vähem, mõnda rohkem muutma, et see sobiks õppeeesmärgil kasutamiseks (*Problem-based learning (PBL)*, s.a.). Võimalikest sobilikest kontekstidest toob näiteid Pilli (2014): vastuolulised uurimistulemused, hallitama läinud sein, mittetöötav mehhanism.

Duch et al. (2001) on teiste soovitude seas on ära toonud, et võimalusel võiks rääkida õpitava teemaga seonduvas valdkonnas töötavate inimestega, et saada ideid-probleeme päris elust. Lisaks soovivad nad koostatud probleemi esitada osade kaupa, selleks et õpilased saaksid paremini aru, mis teemasid neil tuleks õppida ehk milliseid uurimisküsimusi küsida. Nii on kindlamini tagatud, et õpilased uurivad neid teemasid, mida probleemi koostaja oli õpieesmärgiks seadnud.

2. Metoodika

Selle magistritöö eesmärk on sõnastada vastavalt kindlatele kriteeriumitele probleemülesandeid, mida saaks kasutada põhikooli füüsika „Mehaanika“ kursusel ning saada füüsikaõpetajatelt tagasisidet koostatud ülesannetele.

Esimesele uurimisküsimusele – „Millistele kriteeriumitele peaks vastama hästi sõnastatud probleemülesanne, mida saab kasutada põhikooli füüsikaõppes?“ – vastamiseks tutvuti varasemate uuringutega ning valiti välja olulised probleemülesande kriteeriumid. Seejärel sõnastati kolm probleemülesannet. Neid otsustati koostada kolm, sest ülesannete sõnastamine on aeganõudev ja kolme ülesande pealt saadud tagasiside annab juba võimaluse teha mõningad üldistused.

Teisele („Mil määral toetavad füüsikaõpetajate arvates autori loodud probleemipõhised ülesanded põhikooli õpilaste õppimist füüsika kursusel „Mehaanika“?“) ja kolmandale („Milliseid ettepanekuid teevad füüsikaõpetajad loodud probleemülesannete täiendamiseks?“) uurimisküsimusele vastamiseks koguti füüsikaõpetajatelt tagasisidet koostatud probleemülesannete kohta.

Uuringu läbiviimisel kasutati kvalitatiivset uurimismeetodit. Autori poolt koostatud kolme probleemülesande analüüsimiseks ja tagasiside kogumiseks viidi füüsikaõpetajatega läbi poolstruktureeritud intervjuud.

2.1 Füüsikaalaste probleemülesannete koostamine

Ülesannete koostamisel lähtuti põhikooli riiklikust õppekavast, teemad valiti 8. klassi „Mehaanika“ kursuselt (Ainevaldkond „Loodusained“, 2023). Täpsemalt lähtuti teemade valikul sellest, millised teemad võiksid probleemipõhise õppe jaoks kõige paremini sobida. Ülesannete koostamisel järgiti kirjanduses välja toodud hea probleemülesande kriteeriume (ptk 1.4) ning koostatud ülesanded valideeriti ka juhendaja poolt.

Kriteeriumiteks, mida ülesannete koostamisel järgiti, olid:

- 1) Aitab saavutada soovitud õpitulemusi.
- 2) On piisavalt keerukas ja mahukas (tagab, et õppijad peavad pingutama ja koostööd tegema).
- 3) Tekitab õppijas tahtmise saada teemast sügavuti aru.
- 4) Paneb õpilase küsimusi küsima.
- 5) Tekib vajadus hankida lisainfot.
- 6) Sisaldab ideealgeid, mis panevad õpilase edasi mõtlema.
- 7) Kontekst seostub õpilase enda eluga (on relevantne).
- 8) Hõlmab mitmeid teemasid, tänu millele toimub erinevate teadmiste seostamine.
- 9) Probleemi kirjeldus on keeleliselt arusaadav.
- 10) Probleemi sisu on arusaadav.

Ülesanded koostati selliselt, et need on mõeldud õppijatele anda enne vastavate teemade läbimist, s.t õpilased peavad ise ülesande lahendamise käigus otsima puudulikku infot ja tutvuma vajalike uute teemadega. Märksõnadeks on ülesannetes „rattasõit”, „rehvivahetus” ja „parve ehitamine” ning vastavateks füüsika ainekava teemadeks on muuhulgas mehaaniline energia, lihtmehhanismid ja üleslükkejõud. Täpsemad õpitulemused, mis õpilased peaksid nende ülesannete käigus omandama, on välja toodud Tabelis 1. Ülesanded ise on leitavad Lisast 1. Koostatud ülesannetele taheti saada õpetajatelt tagasisidet ja täiendusettepanekuid.

Tabel 1

Autori poolt koostatud probleemülesannetega taotletavad õpitulemused

	õpitulemused
ül 1	Õpilane: 1. seletab mehaanilise energia (potentsiaalse ja kineetilise energia) ja takistusjõu mõistet, 2. kasutab potentsiaalse ja kineetilise energia arvutusvalemeid probleemülesandeid lahendades, 3. selgitab mehaanilise energia jäävuse seadust.
ül 2	Õpilane: 1. valib sobiva lihtmehhanismi eseme tõstmiseks, 2. rakendab kangi reeglit probleemülesannet lahendades.
ül 3	Õpilane: 1. selgitab üleslükkejõu mõistet, 2. kasutab probleemülesannet lahendades seoseid $\rho=m/V$, $F=mg$ ja $Fv=\rho gV$.

2.2 Valim

Kuna antud magistritöö tegeleb ühe spetsiifilise ülesande tüübiga – probleemipõhine õpe – kaasati valimisse õpetajaid, kelle jaoks on see metoodika tuttav. Pöörduti füüsikaõpetajate poole, kes on läbinud Tartu Ülikoolis õppeainet „Probleemipõhine ja aktiivõpe füüsika õpetamisel”, kus probleemipõhist õpet põhjalikult käsitletakse. Kasutati mugavusvalimit ehk pöörduti tuttavate õpetajate poole, kes olid läbinud mainitud õppeainet.

Valimi suurus oli kuus õpetajat. Üks neist analüüsis vaid esimest ülesannet (prooviintervjuu jaoks), ülejäänud andsid tagasisidet kõigi kolme ülesande kohta. Uuringus osalenud õpetajatest üks on hetkel geograafiaõpetaja, ülejäänud on füüsikaõpetajad. Geograafiaõpetajast uuringus osaleja on aga varem 5 aastat töötanud füüsikaõpetajana. Tabelis 2 on toodud uuringus osalejate sugu ja tööstaaž füüsikaõpetajana.

Tabel 2

Uuringus osalenud õpetajate andmed

Pseudonüüm	Sugu	Õpetamiskogemus füüsikaõpetajana
Õpetaja 0	mees	3 aastat
Õpetaja 1	naine	5,5 aastat
Õpetaja 2	mees	0,5 aastat
Õpetaja 3	naine	5 aastat
Õpetaja 4	naine	0,5 aastat
Õpetaja 5	naine	5 aastat

2.3 Andmete kogumine

Arvamuste saamiseks oli võimalik viia läbi ankeetküsitlus või intervjuud. Ankeetküsitluse plussiks on see, et see ei võta palju aega ja on võimalik hõlmata suurt hulka inimesi (Uverskaja, 2011). Intervjuu eeliseks on see, et saab teemaga süvitsi minna ja on võimalik küsida lisaküsimusi ning samuti on intervjuu eelistatud siis, kui on oodata palju erinevaid vastuseid (Laherand, 2010). Seepärast otsustati intervjuu kasuks.

Andmete kogumiseks tehti õpetajatega poolstruktureeritud intervjuud. Poolstruktureerituna viidi intervjuud läbi seetõttu, et ülesannetele tagasiside küsimisel tekib tõenäoliselt vajadus täiendavate küsimuste küsimiseks. Intervjuu küsimused koostati lähtudes Karmi (2013), Duch

et al. (2001), Dolmans et al. (1997), Frezatti et al. (2018) ja Pilli (2014) poolt sõnastatud hea probleemi tunnustest. Need tunnused on välja toodud ka antud töö peatükis 1.4.

Intervjuu küsimused koostati lähtudes magistritöö uurimisküsimustest ning intervjuu koosnes kolmest osast: esimese plokis esitati küsimusi õpetaja tausta kohta, põhiplokis olid küsimused ülesannete kohta ning intervjuu lõpus anti võimalus vabalt avaldada oma mõtteid kogu temaatika kohta. Põhiplokis olid näiteks küsimused: „Kui hästi suunab see ülesanne õppima just seda, mis on eesmärgiks seatud?” ja „Mida võiks selles ülesandes muuta, et tekitada õpilastes rohkem huvi?” Kui prooviintervjuu välja arvata, kestsid intervjuud keskmiselt u 35 minutit (lühim 25 ja pikim 43 minutit). Intervjuud toimusid rahulikus kohas, kus keegi ei saanud segada. Üks intervjuu toimus veebi teel, ülejäänud vestlused viidi läbi silmast silma.

Uuringus osalejaid teavitati uuringu eesmärgist ning neile selgitati, et osalemine on vabatahtlik ja tagatakse konfidentsiaalsus. Kõik intervjuueeritavad andsid nõusoleku intervjuu salvestamiseks.

Intervjuu küsimuste valiidsuse testimiseks viidi läbi prooviintervjuu füüsikaõpetajaga, kes on samuti läbinud Tartu Ülikoolis õppeainet „Probleemipõhine ja aktiivõpe füüsika õpetamisel”. Prooviintervjuu järel muudeti küsimusi üsna suurel määral. Prooviintervjuust tuli välja, et kolmandale uurimisküsimusele (täiendusettepanekud) saab üsna vähe vastuseid, seetõttu lisati täpsustavaid küsimusi selle kohta, kuidas võiks autori koostatud ülesandeid muuta. Näiteks lisati küsimus „Mida Sa ise lisaksid ülesande teksti või hoopis eemaldaksid, et suunata õpilasi lisainfot otsima?” Intervjuu kava lõppversioon on toodud Lisas 2. Prooviintervjuust saadud andmed (tagasiside esimese ülesande kohta) kaasati uurimustöö andmete hulka.

2.4 Andmete analüüs

Kogutud andmete analüüsimiseks kasutati induktiivse sisuanalüüsi meetodit. Intervjuud salvestati ning andmete analüüsimiseks transkribeeriti intervjuud kasutades Tallinna Tehnikaülikooli kõnetehnoloogia labori avalikku kõnetuvastuse teenust tekstiks.ee (Olev & Alumäe, 2025). Tekkinud tekst korrigeeriti käsitsi üle.

Seejärel tähenduslikud tekstiosad kodeeriti. Umbes 40 % transkriptsiooni mahust kodeeris ka kaaskodeerija. Autori ja kaaskodeerija kodeerimist võrreldi ning leiti, et sisulisi erinevusi nendel kahel variandil peaaegu ei ole. Vaid üksikutes kohtades oli üks kodeerija leidnud tähenduse ja teine mitte. Need kohad vaadati uuesti üle.

Kodeerimisel ja järgneval analüüsimisel spetsiaalsete arvutiprogrammide abil ei kasutatud (töö tehti Microsoft Wordi abil). Näite kodeerimisest: tähenduslikule üksusele „*Mulle just meeldib see, et „kas saaks poistele mingi vastuse pakkuda“*“, *et siin ei ole nagu öeldud, et arvuta nüüd see või leia nüüd see, et noh. /.../Et see jätab nagu hästi vabaks selle, et see on nagu tore*“ anti kood „„kas saaks poistele mingi vastuse pakkuda” on hea lahtine küsimus”. Iga koodi juurde märgiti ära, millisele uurimisküsimusele antud tähenduslik üksus vastab.

Järgneval analüüsimisel grupeeriti koodid esmalt uurimisküsimuste järgi (tekkis kaks peakategooriat). Seejärel loodi väiksemad grupid ehk sarnase sisuga tähenduslikud üksused koondati taaskord kokku (alakategooriatesse). Näiteks alakategooriasse „Kas aitab eri teemasid seostada?” kuulusid koodid „Lõiming varasemate teemadega on olemas”, „Aitab mitmeid teemasid seostada” ja „Seostub matemaatikaga”. Lõpuks võeti üldistatud kujul kogunenud info alakategooriate kaupa kokku.

2.5 Eetilised aspektid

Tööd kirjutades jälgiti, et uuringus osalenud õpetajate kohta antaks ainult minimaalne vajalik info, selleks et nad ei oleks tuvastatavad. Samuti tagati, et transkriptsioonid ei satuks töösse mittepuutuvate isikute kätte. Transkriptsioone säilitatakse kuni magistritöö kaitsmiseni ning seejärel hävitatakse. Osalemine oli vabatahtlik, osalejad ei saanud selle eest tasu.

3. Tulemused

Selle magistritöö tulemusel valmisid kolm probleemipõhist füüsikaülesannet, mis on mõeldud toetama 8. klassi füüsika kursuse „Mehaanika” õppimist. Neid ülesandeid on tagasisidestanud kuus füüsikaõpetajat, kellel on probleemipõhise õppe kasutamise kogemus. Lisaks autori koostatud õppematerjalile ja selle kohta antud tagasisidele on antud magistritöö tulemusena välja toodud head füüsikaalast probleemülesannet iseloomustavad kriteeriumid.

Tulemused on esitatud uurimisküsimuste järjekorras. See tähendab, et esmalt on kirjeldatud hea füüsikaalase probleemülesande kriteeriume ning sellele järgnevad füüsikaõpetajate tagasiside ja täiendustepanekud autori poolt koostatud probleemülesannetele.

3.1 Hästi sõnastatud probleemülesande tunnused

Esimesele uurimisküsimusele „Millistele kriteeriumitele peaks vastama hästi sõnastatud probleemülesanne, mida saab kasutada põhikooli füüsikaõppes?” otsiti vastust peamiselt kirjandusest, kuid lisaks sellele saadi täiendavaid mõtteid ka uuringus osalenud õpetajatega läbi

viidud intervjuudest. Kirjandusest kogutud info on juba kokku võetud peatükis 1.4. Siinses peatükis on kirjeldatud, millised on hea probleemülesande tunnused käesolevas uuringus osalenute arvates. Hea probleemülesande tunnused on esitatud Tabelis 3.

Tabel 3

Hea probleemülesande tunnused õpetajate arvates

Üldised hea probleemülesande tunnused:
<ul style="list-style-type: none"> • On relevantne nii poistele kui ka tüdrukutele. • Ei ole liiga kerge, vaid nõuab süvenemist, nuputamist, koostööd. • Juures on illustreerivat materjali. • Probleemi sisu on õpilasele arusaadav. • Lahendusvõimalusi on palju (see soosib koostööd ja arutelu). • Ülesande püstitus esitab väljakutse, tekitab hasarti. • Vajadusel on pööratud tähelepanu ohutusele. • Tekst on paraja pikkusega. • Ülesandes on erinevaid mõttealgeid, mis suunavad õpilasi edasi mõtlema. • Ülesannet lahendades saab loovust rakendada ja arendada.
Nipid, mis aitavad ülesannet eluliseks teha:
<ul style="list-style-type: none"> • Ülesandes kirjeldatud katsed/ tegevust saab ise vabal ajal läbi proovida. • Õpilased suudavad iseennast ülesandes kirjeldatud olukorras ette kujutada. • Ülesandes olev keskne ese on paljudel kodus olemas (nt auto). • Ülesande teema on aktuaalne. • Teema on selline, millest kõik on kuulnud (sh nt film, mida kõik on näinud). • Ülesandes on õpilastele tuttav olukord: nt vaidlus või kihlvedu (ehk „kellel on õigus”). • Välja valitud/koostatud ülesanne arvestab selle klassi õpilaste huvidega. • Ülesandes on tegemist kellegi sünnipäevaga.
Soovitused korraldusliku poole osas:
<ul style="list-style-type: none"> • Enne probleemülesande kätte andmist räägib õpetaja mõne loo või toob mõne näite sel teemal, mille kohta on järgnev ülesanne koostatud – see aitab tekitada huvi ka selle ülesande vastu. • Õpetaja jaoks on koostatud juhend. • Õpetajal on sobivad vihjed ja abimaterjalid kohe varnast võtta juhuks, kui ülesanne osutub õpilastele liiga raskeks.

Nagu on näha Tabelist 3, töid õpetajad välja väga mitmesuguseid hea probleemülesande tunnuseid ning teiste mõtete seas leidis neil ideid, kuidas teha ülesanne eluliseks.

3.2 Tagasiside autori poolt koostatud ülesannetele

Järgnevalt on kirjeldatud seda, mida õpetajad autori koostatud ülesannetest arvasid. Õpetajatega tehtud intervjuude kodeerimisel jagunesid koodid kahte peakategooriasse: 1) tagasiside ülesannete kohta ning 2) täiendusetepanekud. Käesolevas alapeatükis kirjeldatakse tagasisidet ehk intervjueeritavate vastuseid teisele uurimisküsimusele „Mil määral toetavad füüsikaõpetajate arvates autori loodud probleemipõhised ülesanded põhikooli õpilaste õppimist füüsika kursusel „Mehaanika“?“. Uuringust välja tulnud arvamuste illustreerimiseks on lisatud ka tsitaate. Neid on vajadusel lühendatud, välja jäetud tekstiosad on asendatud tähisega /.../.

Tagasiside ülesannete kohta jagunes seitsmesse alakategooriasse:

1) Kas jõuavad soovitud füüsilise sisu õppimiseni?

Leiti, et ülesanded suunavad õppima seda, mis on eesmärgiks seatud. Näiteks esimese ülesande puhul märgiti ära, et potentsiaalse ja kineetilise energia erinevus tuleb ülesande abil ilusti välja. Väljendati aga ka arvamust, et lahenduseni jõudmiseks on vaja õpetajapoolset suunamist ning et põhikooli õpilastele võivad need ülesanded osutuda liiga keeruliseks – eriti ülesanded 1 ja 3. Õeldi, et palju sõltub õpilaste tasemest, kas need ülesanded on tehtavad.

Parve ülesande (ül 3) kohta arvati, et kui õppijad varem neist teemadest kuulnud pole, võib ülesanne osutuda liiga raskeks.

„Noh selle ülesande käigus ma ei usaldaks seda, et mõnest teemast siin ta ei ole midagi kuulnud. Et pigem, pigem see on see ülesanne, et kui ma olen lõpetanud nende klassikaliste arvutusülesannete lahendamise, siis ma annan selle probleemülesande ja siis see on nii-öelda see kõrgem tase.“ (Õpetaja 2, ül 3 kohta)

„Ma ütleks, et mingit õpetajapoolset sekkumist oleks ikkagi vaja, et nad kindlasti jõuaks sinna.“ (Õpetaja 0, ül 1 kohta)

Samuti väljendati teise ülesande puhul, et õppijad ei pruugi jõuda lihtmehhanismideni.

„Aga jälle kuidas kuidas me saame kindlad olla et nad no ei paku lahendust et üks poiss nagu tõstab ja teised vahetavad.“ (Õpetaja 3, ül 2 kohta)

2) Kas saavad tekstist ja probleemi sisust aru?

Uuritavate hinnangul on esimese ülesande tekst arusaadav ja parasjagu pikk, samuti on arusaadav probleemi sisu. Ülesannete 2 ja 3 sisust arusaamine võib tekitada rohkem raskusi, kuna esineb mitmeid uusi sõnu (tungraud, poldid, rehv vs ratas, põõnad, vaksajämehhanismid).

„/.../ tekitab neis seda, et nad ei tea neid sõnu. Ja võibolla kui neid sõnu on juba liiga palju, mida nad ei tea, siis võibolla läheb see kontekst kaduma rohkem. Ja siis nad võibolla lõpuks ei saa aru, mida nad tegema peavad. /.../ Kuna ma pole seda praktiliselt läbi teinud, siis ma tegelt ei tea, kuidas see ikkagi täpselt mõjutab.“ (Õpetaja 2, ül 2 kohta)

Samas leiti ka, et nt tungraua tähenduse saavad õppijad ise kergesti leida, aga mainiti juurde, et tõde selgub ikka alles siis, kui läbi katsetada.

Võõraste sõnade osas läksid intervjuueeritavate arvamused küllaltki lahku. Näiteks arvati, et võõrad sõnad võivad õpilasi heidutada, aga toodi ka vastupidiselt välja, et neil on ju lihtne uute sõnade tähendus järgi vaadata.

„/.../ et on auto vaja üles tõsta tungrauaga või noh, et mingid kuidagi noh, et teksti võib-olla sisse panna, et mida selle masinaga siis teha saab või.“ (Õpetaja 1)

„Loodetavasti on [sõna „tungraud” tähendus tuttav], aga no see on lihtne asi, mida nad saavad otsida, ise infot. Et mina õpetajana ei ütlekski neile, et mis see on. Minge otsige ise.“ (Õpetaja 5)

Eelnevast saab järeldada, et selliseid aspekte on raske ennustada ja „tõde” (antud klassi jaoks) selgub alles õpilastega ülesannet läbi tehes – seega probleemipõhist õpet kasutades peab õpetaja olema paindlik ja õpilasi vastavalt vajadusele suunama. Seda ütlesid õpetajad korduvalt, et õpilaste tase on erinev ja ootamatud asjad võivad tekitada arusaamatusi.

„Hmm mind väga huvitaks kui sa oled õpilastele neid näidanud, siis mis nad teevad mis saab. Sest ma võin ka täiesti mööda panna, et et et mis on see raskusaste ja või või kas see kontekst on huvitav või.“ (Õpetaja 3)

Õpetajatega tehtud intervjuudest selgus ka, et ootamatud kohad võivad osutuda kahtepidi mõistatavaks. Näiteks ei pruugi rehvi vahetuse ülesande teksti lugedes aru saada, et nutrivõti on olemas. Ka ei ole selge, mida täpsemalt mõeldakse „käepäraste vahendite” all. Seega on kasulik alati võimalusel võõrale ülesande tekst lugeda anda, enne kui seda tunnis kasutada. Rehvi vahetuse ülesande sisu mõistmine võib olla keeruline ka seetõttu, et paljud ei kujuta ette, kuidas rehvi vahetamise protsess käib.

Lisaks mainiti, et mõnikord ei tule ülesande tekstist hästi välja, mida õpilane peab tegema.

„Et noh, kindlasti nõrgemad õpilased ja need, kellel ei ole niisugune harjumus lugeda tekste korralikult, et neil on nagu see, et "ma ei pea midagi siin tegema, et mul ei ole antud ülesannet. Mul on mingi kirjeldav osa".“ (Õpetaja 1, ül 2 kohta)

Kolmanda ülesande puhul võib õpetajate sõnul arusaamist raskendada teksti pikkus.

3) Kas kontekst on relevantne?

Intervjueeritute sõnul on ülesannete stsenaariumid üldjoontes realistlikud ja õpilased oskavad selliseid olukordi ette kujutada. Muuhulgas aitab seost õpilase enda eluga tekitada see, et neid olukordi on võimalik ise järele proovida (rattasõit ja parve ehitamine).

„Sest see on taaskord jälle niisugune asi, mida sa saad nagu kodus vabal ajal proovida, näiteks. Et mingile osale on see kindlasti väga relevantne.“ (Õpetaja 4, ül 3 kohta)

Kõigi ülesannete puhul toodi välja, et sarnaselt raskusastme sobivusega sõltub ka sisu relevantsus väga palju konkreetsetest õpilastest: osad teemad lähevad rohkem peale poistele, osad autohuvilistele jne. Üks intervjueeritav arvas, et tegelikult võib kõikide õpilaste jaoks olla nende ülesannete kontekst kohatu, st et õpilased ootavad midagi palju rohkem nende enda eluga kooskõlas olevat. Enamik uuringus osalejatest siiski pigem tunnustas kontekstide elulisust, möönates samas, et osad õpilased ilmselt kuigi suurt seost enda eluga ei tunneta.

„Autohuvilised poisid.. või tüdrukud, ma arvan oleksid väga õnnelikud sellise ülesande püstituse eest. Mõned jällegi nagu ei tunne üldse seotust.“ (Õpetaja 2, ül 2 kohta)

Samas mainiti, et nt autode teema on üleüldiselt siiski kõigi jaoks aktuaalne. Ka parve ülesandes kiideti sel põhjusel sünnipäeva ideed – sest kõigil on sünnipäevad ja igapäev tekib niimoodi seos, toodi välja. Äratundmisrõõmu ja tahet vastus leida võib tekitada ka küsimuseformaad „kellel on õigus” (ül 1).

„/.../ siin on nagu nii kaasahaaravalt see kuidagi üles ehitatud, et noh, kuna seal on nii-öelda mingi vaidlus, et seal tuleb nagu see psühholoogiline tegur ka juurde, et kellel siis õigus on, mis nagu tolles vanuses on hästi palju õpilastel.“ (Õpetaja 5, ül 1 kohta)

Parve ülesandes kirjeldatuga aitab sidet luua paljudele tuntud Kevade film, märgiti korduvalt intervjuudes. Veel märgiti ära, et selle ülesande teema on isegi relevantsem kui me tahaksime ning peeti silmas, et vee peal on ohud.

„See on relevantsem kui me võibolla tahaksime. /.../ Et seda tehakse. Jah ja nad ikka katsetavad ja proovivad ja ehitavad käepärastest vahenditest ujuvvahendeid.“ (Õpetaja 3, ül 3 kohta)

Vanaisa tegelane teises ülesandes võib uuritavate hinnangul aidata samastuda, kuid ei pruugi olla usutav, et lapsed on kohe nõus aitama. Leiti isegi, et „vanaisa midagi ütleb” stsenaarium võib olla õpilastele hoopis ärritav.

4) Kas paneb pingutama ja koostööd tegema?

Intervjueeritavad arvasid, et ülesanded panevad pingutama ja koostööd tegema – seejuures võib mõni ülesanne (ül 1 ja ül 3) osutada õpilaste jaoks isegi liiga raskeks. Palju sõltub õpilaste tasemest.

„/.../see on täpselt niisugune ülesanne, et nutikamatele lastele väga meeldib see ja siis need, kes ei ole nii nutikad, /.../ neil tekiks nii palju küsimusi, et, et nad võib-olla nagu ei viitsigi sellega tegeleda.“ (Õpetaja 1, ül 1 kohta)

„/.../ grupi peale on see nagu tehtav ülesanne. Aga ma arvan, et nagu üksi sihukest asja lahendada on keeruline.“ (Õpetaja 1, ül 3 kohta)

Teises ülesandes soosib koostööd muuhulgas lahendusvõimaluste paljusus.

5) Kas paneb küsimusi küsima ja lisainfot otsima?

Õeldi, et ülesanded panevad küsimusi küsima ja õppijad peavad otsima lisainfot. Muuhulgas tekitavad küsimusi uued sõnad ja väljend „käepärased vahendid”. Sellistes ülesannetes võib õpilastel tekkida ka küsimus, et mida nüüd üldse tegema peab.

„Võib-olla neil tekiks see klassikaline, et „aga siin ei ole ju otseselt öeldud, mida ja kuidas”, aga see ongi selle asja mõte, ehk siis see täidab oma eesmärgi.“ (Õpetaja 5, ül 1 kohta)

6) Kas aitab eri teemasid seostada?

Uuringus osalenute arvates seostavad rattasõidu ja parve ehitamise ülesanne omavahel palju füüsika teemasid, lisaks on võimalik siduda ka matemaatikaga.

„Nagu füüsika mõttes, ma mõtlen selle mehaanika kursuse peale, kui suurt osa see, see ülesanne nagu mehaanikast enda alla võtab, siis ma ütleks et siin on ikka päris palju nagu...terve nagu kompott.“ (Õpetaja 2, ül 3 kohta)

Samas rehvi vahetamise ülesanne hõlmab vaid mõne üksiku teema, ütlevad intervjueeritavad. Mainitakse samas juurde, et mõnikord ongi hea, kui on üks konkreetne teema.

„Aga võib olla alati ei peagi, mõni võib olla ka ju nagu sirgelt... Kui me tahame autolt rattad alt ära saada siis see ongi see mida me tahame, siis ei olegi väga palju vaja sinna panna.“ (Õpetaja 3, ül 2 kohta)

7) Muu tagasiside

Lisaks eelnevale mainisid intervjueeritavad veel mitmeid aspekte, mis neile heas mõttes silma jäid. Toodi välja, et on hea seos õppekavaga, kasutatakse avatud küsimusi ning on ülesandeid, mis aitavad asjast huvitatud õpilastel sügavuti teemasse minna.

„See oleneb ka ma arvan, et ikka õpilastest, et ütleme, kellel juba on noh, kellele ütleme, füüsika meeldib, kellel nagu hea suhe sellega, siis ma arvan, et neile sellised ülesanded lähevad palju rohkem nagu peale kui tavalised lühikesed tekstülesanded.“ (Õpetaja 4)

Märgiti ära, et uued sõnad avardavad keelelist oskust ning õpilastel on võimalik rakendada loovust.

„Aga jah, see loovuse pool annab hästi palju juurde minu meelest.“ (Õpetaja 5, ül 2 kohta)

Teise ülesande hea eripärana toodi välja, et õpilased ise peavad valima sobiva lihtmehhanismi. Samuti esitab see ülesanne väljakutse ja tekitab hasarti ning näitab, et kangireegel ei ole lihtsalt üks valem, vaid aitab päris elu probleeme lahendada.

Kolmandas ülesandes on erinevaid mõttealgeid, mis suunavad õpilasi edasi mõtlema, mainisid õpetajad ühe hea aspektina. Lisaks toodi välja, et selle ülesande pikk tekst võib aidata tekitada vajalikku atmosfääri ja õpetab funktsionaalset lugemisoskust.

„Ja ma hakkasin mõtlema, et aga kust ma siis nagu maha võtaks midagi, tegelikult väga ei võtaks. Et siis kaob nagu nii-öelda see emotsioon nagu kaob ära sealt tagant. Et noh, et me tahame k õ i k sinna parve peale minna niimoodi, et võib-olla ongi hea, et see on selline pikem ja tekitab rohkem seda atmosfääri.“ (Õpetaja 5)

Intervjueeritavad tõid välja ka mõningad kohad, mis võivad vajada muutmist. Esimese ülesande kohta arvati, et võib olla on liiga kerge nõustuda, et ei saagi soovitud kiirust välja arutada ehk ülesande tekst võimaldab lahendamisest mööda hiilida. Samuti märgiti, et sellisel laused nagu „vanaema midagi ütleb“ võivad õpilasi ärritada.

3.3 Täienduseettepanekud autori poolt koostatud ülesannetele

Käesolev alapeatükk kirjeldab intervjuudest välja tulnud mõtteid, mis liigitusid peakategooriasse „täienduseettepanekud“ ehk selles alapeatükis on kokku võetud õpetajate vastused kolmandale uurimisküsimusele „Milliseid ettepanekuid teevad füüsikaõpetajad loodud probleemülesannete täiendamiseks?”

Täienduseettepanekud jagunesid kuute alakategooriasse:

- 1) Kuidas muuta relevantsemaks ja huvitavamaks?
- 2) Mis aitaks sisust paremini aru saada?
- 3) Mis lihtsustaks lahendamist?
- 4) Mida korralduslikult võiks teha?
- 5) Mis teemadega veel seostada saaks?
- 6) Muud ettepanekud.

3.3.1 Täiendusettepanekud ülesande 1 („Mäest üles”) kohta

Olulisemad ettepanekud esimese ülesande kohta puudutasid probleemi sõnastuse lihtsustamist, kuna praegusel kujul on ülesanne ilmselt liiga raske. Muuhulgas tehti ettepanek lisada selguse huvides ülesande juurde joonis. Samuti soovitati lisada ülesandesse veeretakistusjõu teema.

Kõik täiendusettepanekud esimese ülesande kohta on leitavad Lisast 3, kus need on esitatud tabeli kujul. Tabeli neljandas veerus on märgitud autori otsus, s.t kas autor arvestab ülesannete täiendamisel antud ettepanekuga või mitte. Viimases veerus on toodud põhjendus otsuse kohta.

Teksti soovitati lisada mh kihlveo sõlmimine. Seda ettepanekut kirjeldab järgnev tsitaat:

„Mm ma ei tea mul lihtsalt mõtlesin et siin lõpus võib olla see mingisugune vaidlus või ma ei tea kihlvedu või niisugune pakkumised et kes siis võidab või midagi siuke nagu hea konks siia lõppu võib olla tekitab sellise väikse väljakutse siia et tõestame siis ära, kellel on õigus.“
(Õpetaja 3)

3.3.2 Täiendusettepanekud ülesande 2 („Rehvivahetus”) kohta

Teise ülesande osas tehti näiteks ettepanek muuta konteksti nii, et rehve oleks vaja vahetada selleks, et säästa raha ja lastele midagi osta. Teine soovitus huvi tekitamiseks oli tuua eluline näide, kus rehvi läheb katki ja pole tööriistu. Samuti soovitati ülesande tekstis tähelepanu pöörata ohutusele, lisada pilt vanaisast või tema kuurist ning siduda ülesanne ka rõhu ja hõõrdejõu teemadega.

Kõik täiendusettepanekud on leitavad Lisast 3. Ettepanekuid kirjeldavad muuhulgas järgnevad tsitaadid intervjuudest:

„Ma ei tea võib-olla ka nagu tuua välja ka eluline näide, et kui sõidad autoga ja sul lähebki rehvi katki ja sul ei ole neid kindlaid asju /.../“ (Õpetaja 4)

„/.../ kui nad ise hakkavadki mõtlema mingit seadet, millega seda autot siis üles tõsta, et kas sa paned sentimeetrise mingi puu laastu sinna või sa paned natuke laiemalt, mis see vahe nagu on?“ (Õpetaja 5)

„Jaa, üks asi mind mind segas et siin ei ole seda ohutuse külge kuidagi. Et me ei saa näiteks mingeid vanu pehkinud laudu kuskilt alla panna, tõsta auto üles ja hakata seal nagu pusima et me peame olema hästi kindlad et see ei kuku meile kaela ee ja et et seda võib olla peaks siin igal juhul nagu rääkima, et me ei annaks noortele ideed et panna 2 vana õunakasti alla ja jah ma auto alla tööle. Et et ma mõtlen et me õpetajatena peame sellistes kohtades kus kus see on nagu oluline, ütlesin.“ (Õpetaja 3)

3.3.3 Täiendusettepanekud ülesande 3 („Parve ehitamine”) kohta

Täiendusettepanekud kolmanda ülesande kohta on esitatud tabelis, mis on leitav Lisast 3. Soovitati näiteks rääkida mõni huvitav eellugu, siduda kontekst Kevade filmiga, rõhutada ohutusreegleid ning näidata videot parvest, et kõik õpilased saaksid ettekujutuse, mis see parv on. Samuti tehti ettepanek lisada suunavaid küsimusi, et õpilased hakkaks ise internetist lisaandmeid otsima.

„Mingi eellugu sinna et. Parvedega on sõidetud üle ookeani, mingi siuke eellugu et miks üldse seda parve teha.“ (Õpetaja 3)

„Näiteks tuua see Kevadest see punkt koht, kus nad selle parve ehitavad ja siis see parv lastakse põhja selle kividega. Seal nad saavad nagu mõelda välja, et miks see parv läks kivide peal põhja niimoodi.“ (Õpetaja 4)

„/.../ siia ma pistaks ka kuidagi selle turvalisuse värgi sisse ma ei tea.. päästevest oleks seljas või et me teeme neid ujuvuskatseid ainult põlvekõrguses vees et kaugemale ei lähe enne kui me oleme täiesti kindlad et see kannab ja siis ka nagu peavad olema ma ei tea noh et siis ma ütlen isale kes jälgib ja tuleb meile paadiga järgi või meil on päästevestid.“ (Õpetaja 3)

„Siis võib-olla küsida, et milliseid andmeid peaksid ise juurde otsima, et noh, et nagu suunata neid ise siis nagu otsima lisaandmeid internetist.“ (Õpetaja 1)

3.3.4 Üldised (ülesanneteüleled) täiendusettepanekud

Õpetajad tegid mitmeid korralduslikke ettepanekuid, mis kehtivad kõigi kolme ülesande puhul. Anti soovitus õpilastele selgitada, et need probleemipõhised ülesanded ongi natuke teistmoodi: tuleb ise otsida infot ja pusida, mõelda. Teine korralduslik nõuanne oli koostada õpetajale juhend iga ülesande kohta, et tal oleks kergem seda kasutada. Need ja ülejäänud üldisemad nõuanded on toodud Tabelis 4, kuhu lisatud autori otsus, kas ta ülesannete täiendamisel selle ettepanekuga arvestab või mitte.

Tabel 4*Õpetajate üldised täiendustepanekud ülesannete kohta*

Ettepanek	Ettepaneku tegija	Autori otsus	Põhjendus
Selgitada õpilastele, et need probleemipõhised ülesanded ongi natuke teistmoodi.	Õpet 1	jah	Aitab vältida seda, et õpilased ära ehmuvad.
Raskusastme diferentseerimine: lihtsustamiseks võib osadele anda teooriaosa enne ülesannet.	Õpet 3	ei	Ülesandest alustamine aitab tekitada küsimusi – s.t motivatsiooni. Lihtsustamiseks saab kasutada muid meetodeid.
Juhend võiks õpetajale olla.	Õpet 5	jah	Õpetajal on siis lihtsam.

Tabelis viimasena toodud ettepanekut illustreeriv tsitaat:

„Õpetajale mingit materjali, sest et see probleemipõhine.. no kui selle ülesande ülesehitus, et mõni õpetaja võib kahjuks juba olla sihuke hirmus, et ma ei saa hakkama ja ei oska, aga kui on sihuke juhend kõrval, et see võib-olla natuke parem.“ (Õpetaja 5)

4. Arutelu

Käesoleva uurimistöö esimeseks uurimisküsimuseks oli: „Millistele kriteeriumitele peaks vastama hästi sõnastatud probleemülesanne, mida saab kasutada põhikooli füüsikaõppes?“ Mari Karm (2013), Duch et al. (2001), Dolmans et al (1997), Frezatti et al (2018) ning Pilli (2014) kirjeldavad, et hea probleemülesanne võiks muuhulgas hõlmata mitmeid teemasid, panna õpilasi küsimusi küsima, suurendada huvi teema vastu ning ärgitada iseseisvalt õppima.

Kui uuringus osalejad autori koostatud ülesandeid analüüsisid, sai kinnitust Duch et al. (2001) poolt öeldu, et hästi sõnastatud ülesanne on selline, mis nõuab süvenemist ja koostööd. Samuti töid intervjueeritavad sarnaselt Dolmans et al. uuringu tulemustele (1997) olulise aspektina välja, et heas probleemis on mitmeid ideealgeid, mis panevad õpilase edasi mõtlema. Käesolevas uuringus osalenud loetlesid aga veel hulga teisi hea probleemülesande tunnuseid. Nende arvamuse kohaselt on hea probleem selline, mis mh esitab väljakutse, sisaldab illustreerivat materjal ning võimaldab rakendada loovust.

Selgus, et probleemipõhiste ülesannete koostamine nõuab aega ja vaeva. See on ka loogiline, sest probleemipõhise õppe jaoks koostatud ülesanne peab olema selline, et õppijad jõuaksid ise probleemi lahendamise käigus uute temade õppimiseni (Pilli, 2014) – see eristab

probleemipõhiseid ülesandeid n-ö tavalisetest ülesannetest ja on omamoodi lisaväljakutse ülesande koostajale. Samuti taotletakse probleemülesandega muuhulgas seda, et õppijad tunneks seost enda eluga ja tahaksid saada teemast sügavuti aru, nagu kirjeldavad seda Duch et al. (2001). Kõigi nende taotlustega arvestamine viibki selleni, et hea ülesande koostamine nõuab aega.

Asjaolu, et sobivate probleemide sõnastamiseks kulub palju aega, tuuaksegi välja probleemipõhise õppe ühe puudusena (*What is problem...*, 2024). Selles töös välja töötatud ülesanded plaanitakse teha avalikult kättesaadavaks, püüdes sellega natukenegi vähendada õpetajate vajadust ise probleemülesandeid koostada.

Uuringus osalejad mainisid, et lisaks hästi sõnastatud probleemile on probleemipõhise õppe läbiviimisel väga oluline ka korralduslik pool. Sellele on ka teised tähelepanu juhtinud, nimetades probleemipõhise õppe ühe puudusena vajadust õpetajaid eraldi koolitada, et selline õpe oleks tõhus (*What is problem...*, 2024). Vähene teadmine probleemõppe metoodikast ongi ühtlasi üks hirne, mis õpetajatel selle metoodikaga seoses on (Pilli & Marandi, 2011). Selleks, et õpetajal oleks julgem probleemipõhist õpet proovida, soovitas üks siinses uuringus osaleja koostada iga ülesande jaoks õpetajale juhendi. Õpetajale juhendi koostamist soovitab ka Duch et al. (2001).

Teine ja kolmas uurimisküsimus olid suunatud konkreetsemalt nende kolme probleemülesande analüüsimisele, mis käesoleva magistr töö jaoks koostati. Uurimisküsimused olid järgnevad: „Mil määral toetavad füüsikaõpetajate arvates autori loodud probleemipõhised ülesanded põhikooli õpilaste õppimist füüsika kursusel „Mehaanika“?” ning „Milliseid ettepanekuid teevad füüsikaõpetajad loodud probleemülesannete täiendamiseks?”

Chin & Brown (2000) järgi toetab sügavat õpihoiakut see, kui õpitav on seotud igapäevaeluga. Käesolevas uuringus osalejad leidsid, et autori koostatud ülesannetes on sellised olukorrad, mida õpilased saavad ise järele proovida ning see aitab luua seost oma eluga. Samuti tõid õpetajad välja, et neid ülesandeid lahendades näevad õpilased, et füüsikateadmiste abil saab päriselu probleeme lahendada. Need asjaolud viitavad, et antud ülesanded võiksid toetada sügavat õpihoiakut.

Mõningad intervjuueeritavad arvasid, et ülesannete teksti võib olla kohati raske mõista. Sellega seoses tasub meenutada, et probleemipõhine õpe toimub rühmades ja ühele liikmele on antud eraldi lugeja roll. Lugeja peab keskenduma just teksti mõistmisele ja vajadusel olulistele

aspektidele tähelepanu juhtima (Karm, 2013). Kuna rühmas on spetsiaalselt sellise ülesandega liige, võib olla põhjendatud see, et ülesande tekst on keskmisest veidi keerulisem.

Korduvalt väljendasid uuringus osalenud õpetajad, et autori koostatud ülesannetes on võõraid sõnu, mida õpilased ilmselt ei tunne. Mõned soovitasid lisada selgituse sõnade tähenduse kohta, teised aga mitte. Kuna üheks hea probleemi tunnuseks loetakse seda, et see probleem paneb õpilasi küsimusi küsima (Dolmans et al., 1997), siis võib seda lugeda positiivseks tunnuseks, kui ülesande tekstis on mõned uued sõnad. Need sõnad tekitavad küsimusi ja küsimus motiveerib õppima (Pilli, 2014).

Ülesannete täiustamiseks tehti mitmesuguseid ettepanekuid ja enamikke on plaanis ülesannete täiendamisel arvesse võtta. Teiste ideede seas anti mõtteid, kuidas õpilased oma lahendust võiksid esitleda: nt võiksid nad lahenduse joonistada. Ka Georgian College annab soovitusi leida lahenduste esitlemiseks loovaid variante (*Problem-based learning*, s.a.-a).

Kõige praktilisemaks jätku-uuringuks oleks ilmselt nende ülesannete klassis läbikatsetamine, et saada teada, kuidas need ülesanded õpilaste peal päriselt töötavad. Seejuures võiks katsetada erineva tasemega gruppides. Samuti võiks uurida, millised on need kontekstid, mille puhul võimalikult palju noori tunneb sidet enda eluga.

Kokkuvõte

Probleemipõhine õpe on õpetamismetoodika, mis hõlmab mitmeid erinevaid meetodeid, sealhulgas rühmaarutelu, ajurünnakut, iseseisvat õppimist. Tööelus on üha enam tarvis suhtlemis- ja koostööoskusi, paindlikkust, probleemilahendusoskust ning probleemipõhine õppe kasutamine koolitunnis on üks võimalusi, kuidas nimetatud üldpädevuste arengut toetada. Sellise õpetamismetoodika keskmes on probleem, mille kaudu uut materjali omandatakse.

Käesolevas töös uuriti, millistele kriteeriumitele peab vastama üks hästi sõnastatud probleem, mida kasutada põhikooli füüsikaõppes. Selgus, et teiste kriteeriumite seas on oluline, et probleem paneks õpilase küsimusi küsima ning tekitaks õppijas tahtmise saada teemast sügavuti aru. Samuti on hea probleemi tunnuseks see, kui seal sisalduvad ideaalged, mis panevad õpilase edasi mõtlema. Probleem peab olema ka sedavõrd keerukas, et paneb õppijad lahenduse leidmiseks koostööd tegema.

Tuginedes teoreetilistest allikatest väljaselgitatud kriteeriumitele koostati kolm probleemülesannet põhikooli füüsikakursuse „Mehaanika” valitud teemade õpetamiseks.

Koostatud ülesannetele andsid tagasisidet ja tegid täiendusettepanekuid kuus füüsikaõpetajat. Muuhulgas saadi tagasisidest mõtteid, kuidas muuta probleemide kontekste elulisemaks ja huvitavamaks ning mis kohad tekstis võivad tekitada segadust. Samuti selgus näiteks, et autori sõnastatud probleemide seas on olukordi, mille puhul on oluline pöörata õpilaste tähelepanu ohutusele.

Ülesandeid analüüsinud õpetajatelt saadi ka täiendavaid ideid selle kohta, milline on hästi sõnastatud probleemülesanne, mida põhikooli füüsikaõppes kasutada. Muuhulgas tõid nad välja, et ülesanne võiks esitada väljakutse, juures võiks olla illustreerivat materjali ning ülesannet lahendades võiks saada loovust rakendada. Intervjueritud õpetajate hinnangul aitab ülesannet õpilaste jaoks relevantsemaks muuta näiteks see, kui nad saavad ülesandes kirjeldatud tegevust vabal ajal ise järele proovida ja kui ülesande teema on nende jaoks aktuaalne.

Käesoleva magistr töö raames koostatud probleemülesandeid on plaanis intervjuudest välja tulnud ideede põhjal täiendada ning teha need avalikult kättesaadavaks.

Kirjanduse loetelu

Ainevaldkond „Loodusained”. Põhikooli riiklik õppekava. Lisa 4 (2023). Riigi Teataja I, 08.03.2023, 1. https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1231/2202/5006/18m_pohi_lisa4.pdf#

Aru, J. (2016). *Mälu ja õppimine* [video]. <https://vimeo.com/175683061>

Arro, G. (saatekülaline). (20.03.2023). *Plekktrumm* [telesaade].

<https://jupiter.err.ee/1608909971/plekktrumm>

Barrett, T. (2005). Understanding problem-based learning. T. Barrett, I. Mac Labhrainn & H. Fallon (toim), *Handbook of enquiry and problem-based learning: Irish case studies and international perspectives* (lk 13–25). Galway: All Ireland Society of Higher Education (AISHE) and Centre for Excellence in Learning and Teaching (CELT), National University of Ireland. https://www.researchgate.net/publication/242683636_Understanding_problem-based_learning

Caramay, C. S., & Ortega-Dela Cruz, R. A. (2023). Problem-based learning and its effects on achievement and attitude in science among Grade 8 students. *Investigações em Ensino de Ciências*. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2023v28n1p97>

Chin, C., & Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 109–138. [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(200002\)37:2<109::AID-TEA3>3.0.CO;2-7](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/(SICI)1098-2736(200002)37:2<109::AID-TEA3>3.0.CO;2-7)

Dolmans, D. H. J. M., Snellen-Balendong, H., & van der Vleuten, C. P. M. (1997). Seven principles of effective case design for a problem-based curriculum. *Medical Teacher*, 19(3), 185–189. <https://doi.org/10.3109/01421599709019379>

Duch, B. J., Groh, S. E., & Allen, D. E. (2001). *The power of problem-based learning*. Stylus Publishing.

Fink, L. D. (2003). *A self-directed guide to designing courses for significant learning*. https://medicine.wright.edu/sites/medicine.wright.edu/files/page/attachments/Self_Directed_Guide_to_Course_Design.pdf

Fitria, D., Asrizal, A., Dhanil, M., & Lufri, L. (2024). Impact of blended problem-based learning on students' 21st century skills on science learning: A meta-analysis. *International*

Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology, 12(4), 1032–1052.
<https://doi.org/10.46328/ijemst.4080>

Frezatti, F., Martins, D. B., & Mucci, D. M. (2018). Broadening the Benefits of PBL: a "Good" Problem. *Journal of Education and Research in Accounting (REPeC)*, 12(2).
<https://doi.org/10.17524/repec.v12i2.1803>

Gumisirizah, N., Muwonge, C. M., & Nzabahimana, J. (2023). The role of problem-based learning approach in teaching and learning physics: A systematic literature review. *F1000Research*, 12, 951. <https://doi.org/10.12688/f1000research.136339.2>

Gumisirizah, N., Muwonge, C. M., & Nzabahimana, J. (2024). Effect of problem-based learning on students' problem-solving ability to learn physics. *Physics Education*, 59, 015015.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ad0577/pdf>

Karm, M. (2013). *Õppemeetodid kõrgkoolis*. Sihtasutus Archimedes.
<https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:121275/112201/page/72>

Kaçar, S., Ormancı, Ü., Özcan, E., & Balım, A. G. (2020). Concept cartoon samples integrated into problem-based learning in a science course. *Journal of Inquiry Based Activities*, 10(1), 1–15. <https://research.ebsco.com/c/rtfupc/viewer/pdf/57kc3jpsp5>

Laherand, M.-L. (2010). *Kvalitatiivne uurimisviis*. OÜ Sulesepp.

Mäekivi, H. (2021). Lähiõppest hajaõppeni: Digiõppe täpsustatud terminid. *Tartu Ülikooli e-õppe ajakiri*, kevad 2021. <https://etu.ut.ee/2021/digioppeterminid/>

Nilson, L. B. (2010). *Teaching at its best: A research-based resource for college instructors* (3rd ed.). Jossey-Bass.

Nurhayati, N., Suhandi, A., Muslim, M., & Kaniawati, I. (2023). Analysis of teachers and prospective physics teachers' difficulties in implementing problem-based learning model to improve students' 4C skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 2596, 012058.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2596/1/012058/pdf>

Olev, A., & Alumäe, T. (2025). Open source platform for Estonian speech transcription. *Language Resources & Evaluation*, 59, 4421–4438. <https://doi.org/10.1007/s10579-024-09777-1>

Pilli, E. (2014). *Probleemipõhine õpe kõrgkoolis*. Tartu Ülikool. <https://sisu.ut.ee/pbl/>

Pilli, E., & Marandi, T. (2011). *Probleemipõhine õpe*. Tartu Ülikool. <https://sisu.ut.ee/aktiivope/probleemipohine-ope/>

Georgian College Centre for Teaching and Learning. (s.a.). *Problem-based learning*. <https://www.georgiancollege.ca/ctlae/teaching-and-learning/teaching-methods/problem-based-learning/#facilitating>

Cornell University Center for Teaching Innovation. (s.a.). *Problem-based learning*. <https://teaching.cornell.edu/teaching-resources/active-collaborative-learning/problem-based-learning>

University of Illinois Urbana-Champaign. (s.a.). *Problem-based learning (PBL)*. <https://citl.illinois.edu/problem-based-learning-pbl>

Põhikooli riiklik õppekava. (2023). Riigi Teataja I, 23.12.2025, 6. <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020?leiaKehtiv>

Schmidt, H. & Moust, J. (2000). Factors Affecting Small Group Tutorial Learning: A review of Research. Evenson, D. & Hmelo, C. (toim), *Problem-based Learning: A Research Perspective on Learning Interactions*. London: Lawrence Erlbaum Associates.

Uluçınar, U. (2023). The effect of problem-based learning in science education on academic achievement: A meta-analytical study. *Science Education International*, 34(2), 72–85. <https://doi.org/10.33828/sei.v34.i2.1>

Uverskaja, E. (2011). *Organisatsiooni infovajakus*. Tallinna Ülikool, Infoteaduste Instituut. <https://www.tlu.ee/opmat/in/Organisatsiooni%20infovajakus/index.html>

Haridus- ja Teadusministeerium. (s.a.). *Õpikäsitus*. <https://www.hm.ee/opikasisus>

Hastings School. (09.05.2024). What is problem-based learning?. <https://www.hastingschool.com/blog/problem-based-learning/>

Summary

Problem-based learning is a teaching methodology that incorporates various methods, including group discussion, brainstorming, and independent study. In working life, communication and collaboration skills, flexibility, and problem-solving abilities are increasingly important, and the use of problem-based learning in the classroom is one way to support the development of these general competencies. At the centre of this teaching approach is a problem through which new material is acquired.

This study examined the criteria that a well-formulated problem should meet when used in lower-secondary physics education. The findings showed that, among other criteria, it is important that the problem encourages students to ask questions and fosters a desire to understand the topic in depth. A good problem also contains initial ideas that prompt students to think further. The problem must also be sufficiently complex to ensure that learners need to collaborate in order to solve it.

Based on the criteria identified in theoretical sources, three problem tasks were developed for teaching selected topics in the lower-secondary physics course Mechanics. Six physics teachers provided feedback on the tasks and suggested improvements. Their feedback offered insights into how to make the contexts of the problems more realistic and engaging, and which parts of the text might cause confusion. It also became clear that some of the problems formulated by the author include situations where it is important to draw students' attention to safety.

The teachers who analysed the tasks also provided additional ideas about what constitutes a well-formulated problem task for use in lower-secondary physics education. Among other points, they noted that the task should present a challenge, include illustrative material, and allow students to apply creativity while solving it. According to the interviewed teachers, tasks become more relevant for students when they can try out the described activity in their free time and when the topic is meaningful to them.

The problem tasks developed in this master's thesis will be revised based on the ideas that emerged from the interviews and will be made publicly available.

Lisa 1. Autori koostatud probleemülesanded

Ülesanne 1: Mäest üles

Kaur tuli kooli uue rattaga, mille küljes on ka spidomeeter. Pärast kooli läks ta kahe sõbraga - Taneli ja Arnoga – seda kohe igatpidi katsetama. Lõpuks jõuti mõtteni minna ühe väikse, aga üsna järsu mäe juurde ning proovida vändata enne mäge sisse nii suur hoog, et terve tõus läbitakse ilma vântamata. Kõige rohkem õnnestus sisse saada 26 km/h, kuid ka see polnud piisav, et üles välja jõuda.

„Aga mis see meie kiirus peaks olema, et üles välja jõuda?” hakkas Tanel küsima.

„Kes seda ikka välja oskab arvutada”, vastas Arno.

„See polegi võimalik”, täiendas Kaur.

Tanel ajas ikka peale, et võiks proovida arvutada. „Siis me saaksime teada, kui palju trenni peame tegema.” Saades teised poisid nõusse, tehti kõigepealt koos kindlaks, et umbes 9 meetrise kallaku peale tõuseb maapind 3,1 meetrit.

Seejärel mõtles Tanel viis minutit. Ning nõustus lõpuks Kauriga, et seda polegi võimalik välja rehkendada.

Mida teie arvate – kas saaks poistele mingi vastuse pakkuda?

Õpitulemused:

Õpilane:

1. seletab mehaanilise energia (potentsiaalse ja kineetilise energia) ja takistusjõu mõistet,
2. kasutab potentsiaalse ja kineetilise energia arvutusvalemeid probleemülesandeid lahendades,
3. selgitab mehaanilise energia jäävuse seadust.

Ülesanne 2: Rehvivahetus

Kaarel ja Anu on nädalavahetuseks vanavanematele külla tulnud. Vanaisa vaatab mõtlikult pealt, kuidas lapsed juba tund aega järjest oma telefone vahivad. Vanaisal tuleb idee.

„Kuulge”, sõnab vanaisa, „lähme õige välja natuke värsket õhku hingama. Ma õpetan teile midagi. Vahetame koos autol rehvid ära, praegu juba võiks talverehvid alla panna küll.”

Anu ja Kaarel jäävad lõpuks nõusse.

„Niisiis, kõigepealt peame rattad alt ära saama,” selgitab vanaisa. Tööle asumisel tuleb aga talle kohe meelde, et viimane kord läks ju tungraud täbarasti katki. Ilmneb ka teine probleem: nad ei jõua polte lahti keerata.

Vanaisa sõnab: „Ahaa, novot, väga hea. Nüüd on mul teile kaks ülesannet. Mõelge välja, kuidas me lihtsate käepäraste vahenditega ikkagi auto üles tõstetud saame. Ning samuti leidke lahendus poltide lahti saamiseks.”

Vihjetega on vanaisa kitsi – ta tahab et lapsed ise pusiksid. Ta mainib veel ainult seda, et kuuris on igasugust puitu ja garaažist leiab ka erinevat metallmaterjali.

Õpitulemused

Õpilane:

1. valib sobiva lihtmehhanismi eseme tõstmiseks,
2. rakendab kangi reeglit probleemülesannet lahendades.

Ülesanne 3: Parve ehitamine

Kirke peab oma 15. sünnipäeva kodulähedase järve ääres. Sünnipäevakinke palus ta seekord mitte tuua, sest ta soovib, et selle asemel ehitaksid peolised ühiselt parve, millega siis kohe ka järve peale sõitma minna.

Kõik kutsutud on kohal – kolm poissi, viis tüdrukut – ning parveehitus võib alata. Kasutada on terve hulk peenemapoolseid kuivanud kuusepalke, umbes vaksajamedusi. Ehitamise osas jõutakse üksmeelse otsuseni, et pannakse lihtsalt palgid üksteise kõrvale ritta ning nende peale pannakse kaks peenemat palki pöönadeks. Kinni lüüakse naeladega.

Silver hakkab juba hoogsalt üht palki parajaks saagima, kuid Kirke palub tal korraks asi pooleli jätta ning küsib veidi murelikult: „Aga kas me ikka kõik korraga sinna peale üldse saame minna, äkki läheb parv põhja?”

„Ah, ma arvan, et ei lähe ta midagi põhja, kui me nii suure teeme, et kõik peale ära mahume,“ vastab Silver enesekindlalt.

Liisi on aga ka pigem ettevaatlik nagu Kirkegi: „Sellest oleks ikka kahju küll, kui me lõpuks kõik koos ei saakski peale minna. Üheksa inimest on ikka päris palju ja kui parv on suurem, siis ta on ju raskem ka – äkki ei saagi üldse ehitada sellist parve, mis meid kõiki kannaks? Ja siis on ju kogu ehitamine mõttetu.”

„Hakkame lihtsalt pihta,“ ei lase Silver end teiste kahtlustest kõigutada. „Võib ju ka nii teha, et sõidame kordamööda, kui tõesti kõiki ei kannata.”

„Ei, mina tahan, et kõik ikka peale saavad tulla. Me tahame ju kõik koos vee peal olla ja koos teisele kaldale sõita,“ ütleb Kirke otsustavalt. Seepeale jääb seltskond mõtlikuks ja ei tea, mida edasi teha.

Kuidas saaks neid aidata?

Õpitulemused

Õpilane:

1. selgitab üleslükkejõu mõistet,
2. kasutab probleemülesannet lahendades seoseid $\rho=m/V$, $F=mg$ ja $F_U=\rho gV$.

Lisa 2. Intervjuu kava

I sissejuhatavad küsimused

Küsimus	Küsimuse kategooria
1. Kuu oled Sa töötanud õpetajana? Kui kaua füüsikaõpetajana?	Sissejuhatavad küsimused
2. Kui palju oled õpetajatöös rakendanud probleemipõhist õpet?	

II küsimused ülesannete kohta (samad küsimused iga ülesande kohta eraldi)

Küsimus	Küsimuse kategooria
1. Kui Sa tutvusid minu koostatud probleemülesandega, siis milline jäi üldine mulje sellest ülesandest?	Uurimisküsimus 2
2. Kuidas Sulle tundub: kui hästi suunab see ülesanne õppima just seda, mis on eesmärgiks seatud (vt õpitulemusi ülesande all)?	
3. Kui Sa annaksid sellise ülesande oma õpilastele lahendada, mis Sa arvad, kui hästi saavad nad tekstist aru?	
4. Kui selge ja arusaadav oleks probleemi sisu Sinu õpilaste jaoks?	
5. Mis Sa arvad, kui võrd relevantne on minu koostatud probleemülesandes kirjeldatud olukord Sinu õpilaste jaoks? Ehk kas neil nt võib tekkida seos nende enda eluga?	
6. On Sinu hinnangul see ülesanne piisavalt keerukas ehk kas on tagatud, et õppijad peavad pingutama ja tegema koostööd selle lahendamiseks?	
7. Mis Sa arvad, kui palju tekitab antud ülesanne õppijas tahtmist saada teemast sügavuti aru?	
8. Kui võrd paneb see ülesanne õpilasi küsimusi küsima?	
9. Kui palju peavad õppijad lahenduse leidmiseks hankima lisainfot?	

10. Mil määral aitab see ülesanne erinevaid teemasid omavahel seostada?	
11. Kuidas võiks Sinu hinnangul antud ülesannet muuta, et oleks paremini tagatud, et õpilased jõuavad soovitud füüsilise sisu õppimiseni?	Uurimisküsimus 3
12. Mida Sa ise veel lisaksid ülesande teksti või hoopis eemaldaksid, et suunata õpilasi lisainfot otsima?	
13. Mida võiks selles ülesandes muuta, et tekitada õpilastes rohkem huvi?	
14. Kuidas muudaksid ülesande sõnastust, et sisu oleks paremini arusaadav?	
15. Milliseid teemasid või aspekte võiks sellesse ülesandesse veel sisse tuua?	
16. On Sul veel ideid, mida võiks antud ülesande puhul muuta (või mida Sina teeksid teisiti)?	
17. Mida sooviksid veel lisada selle ülesande kohta?	

III lõpetav küsimus

Küsimus	Küsimuse kategooria
Mida sooviksid veel lisada või kommenteerida?	Lõpetav küsimus

Lisa 3. Täienduseettepanekud ülesannete kohta

Õpetajate täienduseettepanekud ülesande 1 kohta

Alakate- gooria	Ettepanek	Ette- paneku tegija	Autori otsus	Põhjendus
Mis teemadega veel seostada saaks?	Hõõrdejõud, veeretakistusjõud	Õpet 5	jah	Oluline aspekt.
	Töö, võimsus, kasutegur	Õpet 1	ei	Ülesanne on juba piisavalt mahukas.
	Kiirus	Õpet 4	ei	Juba on sees.
	Matemaatika (nurgad, täisnurkse kolmnurga valemid)	Õpet 1	jah	Aitab teha ülesandest raskema variandi
Mis lihtsustaks lahen- damist?	Joonise võiks lisada.	Õpet 0 ja 1	jah	Teeb sisu selgemaks.
	Lisada teksti sõna „energia” või anda kuidagi mõista, et kiirus/energia järjest väheneb.	Õpet 0 ja 5	jah	Lihtsustab (ülesanne on praegu liiga raske).
	Nõrgema tasemega õpilastele: rohkem vihjeid teksti sisse või täpsemaid juhiseid millest alustada jne.	Õpet 1 ja 3	jah	Praegusel kujul on ülesanne ilmselt liiga raske.
Mida korral- duslikult võiks teha?	Võiks olla ette antud materjalid, kust abi otsida.	Õpet 1	jah	Vajadusel, vastavalt grupile
	Selgelt võiks olla välja toodud, et vajadusel küsige vihjeid.	Õpet 1	jah	Julgustab õpilasi.
	Esiolgu võiks ülesande koos läbi arutada, et kõik oleks samamoodi sisust aru saanud.	Õpet 4	jah	Aitab vältida ebavajalikku arusaamatust.
Muud ettepanekud	Huvi tekitamiseks lisada mäest alla sõit + küsimus, kui suure kiiruse sisse saab.	Õpet 2	ei	Ülesanne on juba piisavalt mahukas.
	Võibolla lisada, kui kõrgele u 26 km/h-ga jõudsid.	Õpet 0	jah	Aitab lahendada, annab ideid.
	Kihlvedu või muu konks lõppu, mis tekitab väljakutse ära tõestada, kellel on õigus.	Õpet 3	jah	Motiveerib lahendama.
	Demokatse või video aitab huvitavamaks teha.	Õpet 1	jah	Tekitab huvi ja selgitab sisu.
	Võibolla lisada segadust tekitav info.	Õpet 2 ja 3	ei	Juba on piisavalt raske ülesanne.

Õpetajate täiendusettepanekud ülesande 2 kohta

Alakate- gooria	Ettepanek	Ette- paneku tegija	Autori otsus	Põhjendus
Kuidas muuta relevantse- maks ja huvitava- maks?	Kontekstiks: isaga töökotta minek enne kooli.	Õpet 1	ei	Nõuaks liigselt ringi tegemist.
	Kontekstiks: selleks et arvutimängu jaoks raha säästa vahetavad ise rehvid ära.	Õpet 3	jah	Rahasäästmise idee tundub realistlikum kui praegune.
	Tuua eluline näide, kus rehvi läheb katki ja pole tööriistu.	Õpet 4	jah	Selgitab, miks on teema eluline.
	Huvitav lugu rääkida sissejuhatuseks.	Õpet 2	jah	Loo rääkimine tõmbab tähelepanu.
	Pilt autost või vanaisast	Õpet 2	jah	Kergem sisu haarata.
Mis teemadega veel seostada saaks?	Hõõrdejõud	Õpet 1 ja 4	ei	Ülesanne valguks liialt laiali.
	Rõhk (kangi toetuspinna suurus + hüdrotungu tööpõhimõte)	Õpet 5 ja õpet 1	jah	Toetuspinna suurus on hea eluline näide rõhu olulisusest.
	Arvutusülesanded (kui anda arvandmed ka)	Õpet 1	ei	Ülesande fookus võib ära kaduda.
	Jätkuülesanne: miks üldse rehve peame vahetama?	Õpet 1	jah	Võimaldab õpetada olulist tarkust.
Mis aitaks sisust paremini aru saada?	Näidata pildi-/ videomaterjali rehvivahetuse protsessist.	Õpet 4	jah	Paljudele on protsess tundmatu.
	Lisada pilt vanaisa kuurist.	Õpet 1	jah	Selgitab, annab ideid.
	Selgelt võiks välja tuua, mida õpilane peab leidma.	Õpet 1	jah	Praegu jääb segaseks mida vaja teha.
	Alguses võiks kindlaks teha, kas kõik on ülesande mõttest aru saanud.	Õpet 4	jah	Ebavajalike arusaamatuste vältimiseks
	Selgemini öelda, et mutrivõti olemas, aga ei jaksa keerata.	Õpet 3	jah	Praegu jääb segaseks.
	Võiks olla selgitus, mida tungrauaga saab teha.	Õpet 1	ei	On tähtis, et õpilased ise otsiksid infot.
Muud ettepanekud	Ohutuse aspektile peaks tähelepanu juhtima.	Õpet 3	jah	Ohutus on väga oluline asi, mida õpetada.
	Võiks olla nõutud võimalikult palju lahendusi.	Õpet 1	jah	Võimaldab anda kiirematele tegevust.
	Tore oleks neil joonistada ja kirjeldada oma lahendust.	Õpet 1	jah	Hea, arendav ülesanne

Õpetajate täiendusettepanekud ülesande 3 kohta

Alakate- gooria	Ettepanek	Ette- paneku tegija	Autori otsus	Põhjendus
Mis lihtsustaks lahendamist?	Osad õpilased vajaksid suunavaid küsimusi.	Õpet 1	jah	Osadele võib olla muidu liiga raske.
	Võiks olla toodud selgitused sõnade „põõnad” ja „vaks” kohta.	Õpet 4	ei	Usun, et on paras ülesanne tähendused ise välja otsida.
Mida korralduslikult võiks teha?	Tuleb rõhutada, et lugege rahulikult, mõttega (kuna tekst pikk).	Õpet 5	jah	Suurendab tõenäosust, et saavad aru, mida tuleb teha.
	Õpilasi tuleks jälgida aegajalt, et nad õiges suunas liiguks.	Õpet 4	jah	Selleks, et nad väga rappa ei läheks.
	Vihjed/ abimaterjal võiks olla õpetajal varnast võtta.	Õpet 1	jah	Mõistlik, et ei pea otsima hakkama.
Kuidas muuta relevantse- maks ja huvitava- maks?	Võib tuua näiteid/ rääkida lugusid enne ülesande lahendamist, et tekitada rohkem huvi (miks suur laev põhja ei lähe, üle ookeani sõitmine parvedega jt)	Õpet 3 ja Õpet 5	jah	Aitab tekitada huvi ja motivatsiooni lahendamiseks.
	Pääsemis-põgenemiskontekst on võimalik lisada.	Õpet 3	ei	Nõuab liigset muutmist.
	Tüdrukutel huvi suurendamiseks: laud ja söök vee peale.	Õpet 1	ei	On juba praegu ka tüdrukutele mõeldud.
	Kevade kontekstiga siduda.	Õpet 2 ja 4	jah	Katkend filmist aitab huvi tekitada.
Muud ettepanekud	Ohutuse aspekti peaks kuidagi sisse panema.	Õpet 3	jah	Ohutust olulisust tuleb õpetada.
	Võiks näidata alguses videot, et saaks ettekujutuse parvest.	Õpet 4	jah	Mõned ei pruugi parve ette kujutada.
	Tuua sisse küsimus, et kas saab käepärastest vahenditest parve teha.	Õpet 3	ei	Ülesanne on juba piisavalt mahukas.
	Rõhu teemaga saab võibolla siduda.	Õpet 2 ja Õpet 5	ei	Ülesanne on juba piisavalt mahukas.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Jaak Joonas Keldoja

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

„Põhikooli füüsika kursuse „Mehaanika” õppimist toetavate probleemipõhiste ülesannete koostamine ning õpetajate tagasiside ja täiendustepanekud nende ülesannete kohta“, mille juhendaja on Svetlana Ganina, 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.

Jaak Joonas Keldoja

26.05.2026