

HAJUSANDMETEGA ÜLESANNETE ROLL FÜÜSIKAÕPPE EFEKTIIVSUSE TÕSTMISEL

SVETLANA GANINA, HENN VOOLAI



Sissejuhatus

Üldteada on fakt, et viimasel ajal on täppisteaduste populaarsus langenud nii Eestis kui ka mujal maailmas. Olukorda on aidanud parandada riik, näiteks on muudetud füüsika riiklikku ainekava¹, koos Eesti Energiaga² komplekteeritakse füüsika laboritööde komplekte, on avatud Eesti füüsikaportaal³, teaduskeskus AHHAA⁴ korraldab näitusi ja üritusi, teavitustööd teeb ka teadusbuss Suur Vanker⁵.

Füüsikaõppe efektiivsust saab tõsta ülesannete lahendamise abil. Ent siingi ei taga õige vastuse leidmine veel teadmiste kvaliteeti ega püsivust. Füüsikaülesannete lahendama õpetamine sõltub sellest, milline on sealjuures õpetaja eesmärk: kas õppekava täitmine, riigieksamiks ettevalmistamine, füüsikalise mõtlemise arendamine või miski muu.⁶ Füüsikaülesannete tähtsust rõhutavad näiteks Rein-Karl Loide⁷ ja Rolf Plotzner⁸, kes väidavad, et füüsikat on kõige efektiivsem õppida lihtsamate probleemide ja ülesannete iseseisva lahendamise teel. Samas kurdavad paljud uurijad^{9,10}, et õppurid lahendavad ülesandeid enamasti mehaaniliselt, mõtlemata nende sisule. Sel juhul on eesmärgiks jõuda etteantud arvude abil õige arvuni, mida nimeta-

¹ **Riiklik õppekava.** <<http://www.ekk.edu.ee>>, (01.08.2008).

² **Eesti Energia projektid.** <<http://www.energia.ee/index.php?id=23>>, (01.08.2008).

³ **Eesti füüsikaportaal.** <<http://fyysika.ee/fyysika/avaleht>>, (01.08.08).

⁴ **Teaduskeskus AHHAA.** <<http://www.ahhaa.ee>>, (01.08.2008).

⁵ **Teadusbuss Suur Vanker.** <<http://fyysika.ee/fyysika/teadusbuss>> (01.08.2008).

⁶ **Redish, E.** 2003. Teaching Physics with the Physics Suite. Hoboken: John Wiley and Sons.

⁷ **Loide, R.-K.** 2002. Füüsika I. Ülesandeid ja probleeme, näidisülesandeid. KVÜÖA: Tartu.

⁸ **Plotzner, R.** 1994. The Integrative Use of Qualitative and Quantitative Knowledge in Physics Problem Solving. Frankfurt am Main: Peter Lang.

⁹ **Styer, D.** 1998. Guest comment: Getting there is half the fun. – American Journal of Physics 64, pp. 105–106.

¹⁰ **Bolton, J.** 1997. Developing students' physics problem-solving skills. – Journal of Physics Educations 32, pp. 176–185.

takse vastuseks. Klassikalises ülesannete lahendamismetoodikas^{11,12} nähakse ette, et õppur kordab füüsikaliste suuruste tähiseid, nende ühikuid, õpib ja harjutab ühikute teisendamist, kordab seadusi ja jätab meelde vastavad valemid, õpib analüüsima füüsikalisi probleeme ning neid lahendama. Kahjuks õppurid nii ei tegutse. Nad otsivad ülesande tekstist välja füüsikalised suurused, tuletavad meelde või otsivad välja suurustele vastavad tähised ning valemid, kus need tähised esinevad. Tihti ei peeta oluliseks, kas kasutada valemis tähisena suurt või väikest tähte. Samas on see tähtis, sest suur ja väike täht võivad tähistada erinevaid suurusi (nt v – kiirus ja V – ruumala; p – impulss, ka rõhk ja P – kaal jne). Seejärel avaldatakse valemist otsitavale suurusele vastav tähis, valemisse lisatakse arvud ja ülesanne ongi lahendatud.¹³ Sellist lahendamist soodustab asjaolu, et üldjuhul sisaldab traditsiooniline füüsikaülesanne täpselt niipalju andmeid kui lahendamiseks vaja.

Füüsikaülesanded tunduvad õppuritele tihti rasked ja esialgu võib olla võimatu aru saada, mida neis tahetakse. Ometi ei ole ülesanded midagi muud kui probleemid, mis nõuavad, et lahendaja rakendaks õpitud teooriat. Selleks on vaja analüüsivõimet ja oskust probleemi lahendada.^{14,15,16}

Mida tuleks teha, et füüsikaülesannete lahendamine aitaks õppuril tõesti omandada füüsikat, mitte ainult valemitega manipuleerimise oskust? Artikli autorite arvates on kõige lihtsam ja odavam füüsikaõppe efektiivsuse tõstmise moodus lahendada uut tüüpi, hajusandmetega ülesandeid.

Siinse uurimistöö eesmärgiks ongi kontrollida, kas hajusandmetega ülesannete lahendamine kaheosalise ekvivalentsmeetodi abil tõstab füüsikaõppe efektiivsust.

¹¹ **Reif, F.** 1995. Understanding and teaching important scientific thought processes. – *American Journal of Physics* 63, pp. 17–35.

¹² **Heller, P.; Keith, R.; Anderson, S.** 1992. Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Group Versus Individual Problem Solving. – *American Journal of Physics* 60 (7), pp. 627–636. [Edaspidi **Heller, Keith, Anderson** 1992]

¹³ **Ganina, S.; Voolaid, H.** 2005. Füüsikaülesannete lahendamine. Loodusainete õpetamisest koolis, II osa. Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus: Tallinn. [Edaspidi **Ganina, Voolaid** 2005]

¹⁴ **Heller, Keith, Anderson** 1992, pp. 627–636.

¹⁵ **Fuller, R.** 1982. Solving Physics Problems – How Do We Do It? – *Physics Today*, September. New York: American Institute of Physics, pp. 43–47.

¹⁶ **Loide, R.-K.** 2005. Füüsika näidisülesanded. Mehaanika. Koolibri.

Kaheosaline ekvivalentsmeetod ja hajusandmetega ülesanded

Füüsikaülesande lahendamise kaks komponenti

Füüsikaülesande lahendamine koosneb kahest osast: füüsikalisest ja matemaatilisest¹⁷. Füüsikalises osas tuleb enne lahendamist saada ülevaade probleemist. Selleks tehakse lihtsustusi, valitakse mudelid, leitakse sobivad valemid, koostatakse vajalikud võrrandid. Pärast lahendamist hinnatakse tulemuse vastavust reaalsusele. Füüsikalises osas toimub ülesande sisuline lahendamine.

Matemaatilises osas teisendatakse valemid, lahendatakse võrrandeid, teisendatakse ühikuid, arvutatakse välja otsitav suurus. See on ülesande vormiline lahendamine.

Tihti piirduakse füüsikaülesannete lahendamise õpetamisel ainult valemite väljaotsimise ja võrrandite koostamisega. Olulisemaks peetakse matemaatilist osa, sest seda on lihtsam kontrollida. Füüsika õppimise seisukohalt on aga olulisem just füüsikaline osa¹⁸.

Selline formaalne lahendamine on arvatavasti tingitud praegu (üli)koolis kasutusel olevast ülesannete lahendamise metoodikast, kus alustatakse andmete väljakirjutamisest. Kui andmed on kirjas, valitakse sobivad valemid ja algab lahendamine. Õppur valib valemid formaalselt. Andmetest ta näeb, millised füüsikaliste suuruste tähised (tähed) on teada ja otsib valemid, kus esinevad samad tähised. Selle võtte kasutamisel saavad õppurid tihti eba-reaalsete vastuseid, mida nad ei suuda seletada.^{19,20}

Tegelikult tuleks alustada olukorra ettekujutamisest, vajadusel võiks teha joonise. Seejärel tuleks valida sobivad mudelid olukorra kirjeldamiseks: näiteks ühtlane või mitteühtlane liikumine, taustkeha, õhutakistuse arvestamise vajalikkus jne. Seejärel võiks arutleda selle üle, kas tuleb koostada võrrand või mitte, kas võrrandi koostamiseks võib mingid jõud omavahel võrdseks lugeda vms.

¹⁷ **Ganina, S.; Voolaid, H.** 2008. Füüsikaõppe efektiivsuse mõõtmine. – Eesti Füüsika Seltsi aastaraamat 2007. Tartu Ülikool, lk 86–92.

¹⁸ **Ganina, Voolaid** 2005, lk 125–129.

¹⁹ **Neuman, Y.; Leibowitz, L.; Schwarz, B.** 2000. Patterns of Verbal Mediation during Problem Solving: A Sequential Analysis of Self-Explanation. – *The Journal of Experimental Education* 68 (3), pp. 197–213.

²⁰ **Palincsar, A. S.; Brown, A. L.** 1984. Reciprocal Teaching of Comprehension-fostering and Comprehension-monitoring Activities. – *Cognition and Instruction* 1 (2), pp. 117–175.

Hajusandmetega ülesanded ja kaheosaline ekvivalentsmeetod

Füüsikaõppe efektiivsuse tõstmiseks pakuvad artikli autorid välja uut tüüpi ülesanded, mille lahendamisel ei saa enam läbi ilma füüsilise osata. Uurimuse autorid on nimetanud need ülesanded *hajusandmetega ülesanneteks*²¹.

Ülesanne koosneb mingi olukorra kirjeldusest ja küsimusest. Algangmed on esitatud eraldi ja neid on kas rohkem või vähem kui vaja. Lähtutud on sellest, et elus ei ole kunagi kõik vajalikud andmed käepärast: ikka peab neid kas kusagilt otsima või kellegi käest küsima. Samuti tuleb otsustada, milliseid asjaolusid tuleb arvestada ja kas vähemolulised võib kõrvale jätta. Loomulikult võtab selliste ülesannete lahendamine rohkem aega, kuid nii õpib õpilane analüüsima, seoseid looma ja ka meelde jääb rohkem.

Hajusandmetega ülesannete lahendamise meetodi on artikli autorid nimetanud *kaheosaliseks ekvivalentsmeetodiks*²². Nimetus tuleneb sellest, et ülesannete lahendamisel on füüsikaline komponent samavõrd oluline kui matemaatiline komponent.

Kaheosaline ekvivalentsmeetod hajusandmetega ülesannete lahendamisel lubab arendada rohkem õpilase transformatiivseid ja regulatiivseid oskusi. Seejuures transformatiivsed oskused on probleemi määratlemine, uurimisküsimuse sõnastamine, hüpoteesi püstitamine, uuringu planeerimine ja läbiviimine, andmeanalüüs ja tõlgendamine, tulemuste esitamine. Regulaatiivsed oskused on õpiprotsessi planeerimine, jälgimine ja saadud tulemuse tõepärasuse hindamine.²³

Kaheosalise ekvivalentsmeetodi korral alustatakse iga ülesande lahendamist ülesande analüüsist, mille käigus on vaja täpsustada algandmeid, selgitada välja, milles seisneb probleem ja milline on lahendamist vajav küsimus. Ülesannet analüüsides õpilane üldistab, idealiseerib objekte ja nähtusi, leiab olulised protsessid, otsib lisaandmeid (mälust, õpikust, käsiraamatust, Internetist jne) ning ignoreerib liigseid andmeid ja tingimusi, mis tulemust oluliselt ei mõjuta. Siin tuleb jälgida, et lihtsustatud mudelis ei läheks kaotsi kehade ja nähtuste olulised omadused, mis võiks põhjustada valesid, ebarealseid tulemusi.

Kaheosalise ekvivalentsmeetodi võib jaotada järgmisteks etappideks: andmete ja probleemi analüüs, mudeli või skeemi koostamine/joonistamine, andmete kodeerimine ja ühikute teisendamine, omaduste ja nähtuste ideali-

²¹ *Dispersed data problem* – DDP (inglisekeelne vaste).

²² *Binary equivalent solving method* – BESM (inglisekeelne vaste).

²³ **Jong, T. de; Njoo, M.** 1992. Learning and Instruction with Computer Simulations: Learning Processes Involved. – Eds. E. de Corte, M. Linn, H. Mandl, L. Verschaffel. Computer-based learning environments and problem solving. Berlin: Springer-Verlag, pp. 411–429.

seerimine, lisaandmete leidmine, liigsete andmete ja lisatingimuste ignoreerimine, lahendusmudeli, lahenduskäigu ja valemite valik, võrrandi(te) koostamine, ülesande lahendamine, tulemuste tõlgendamine ja esitamine.

Kaheosalise ekvivalentsmeetodi ja hajusandmetega ülesannete mõju õppe-efektiivsusele

2007/2008. õppeaastal tegid artikli autorid uuringu, mille eesmärk oli saada teada, kas kaheosaline ekvivalentsmeetod hajusandmetega ülesannete lahendamise teel suurendab õppe-efektiivsust. Uuring kestab praegugi, siiani on uuringus osalenud umbes 600 kümnenda kuni kahesteistkümnenda klassi õpilast üle kogu Eesti. Uurimuses on kasutatud nn mugavat valimit: koole ja õpetajaid, kellega autorid on juba varem koostööd teinud ja kes on ka varem eksperimentides osalenud. Eksperimenditulemuste randomiseerimiseks ei käinud töö autorid koolis eksperimente korraldama ega juhendama. Õpetajatele tutvustati eelnevalt hajusandmetega ülesande lahendamismetoodikat. Palve oli kasutada nii traditsioonilist meetodit, kus aktiivne roll on õpetajal, kui ka paaris- ja rühmatööd, kus aktiivne ja otsustav roll on õpilastel ning õpetaja esineb vaid nõuandjana. Lahendamisel oli võimalik kasutada valemid, vihikuid, õpikuid, käsiraamatuid ja Internetti, samuti õpetaja abi. Ette rutates võib mainida, et parima tulemuse andis see meetod rühmatöö käigus.

Näitlikustamiseks on esitatud ühe ülesande tekst.

Inimene sõitis jalgrattaga auto juurde ja tõstis ratta auto katusel olevale katuserestile. Kui palju tööd pidi ta tõstmisel tegema?

Andmed

Auto: maksimaalne kiirus 160 km/h; mass 1200 kg; värv – sinine; istekohtade arv – 4; kiirendus pidurdamisel (aeglustus) – 5 m/s²; õhu rõhk auto sisekummis 2,3 at (1 at ≈ 10⁵ Pa); rehvide hõõrdetegur asfaldipinnal 0,3; mootori töömaht 1,6 l; võimsus 55 (75) kW/hj.

Jalgratas: kiirus 9 km/h, mass 10 kg, värv – punane.

Inimene: mass 70 kg, pikkus 186 cm, sugu – mees, juuste värv – must, juhi reaktsiooniaeg 0,4 s.

Katseuuringus osalesid Tartu Ülikoolis loodusainete õpetajaks õppivad tudengid, kellel paluti kommenteerida eelnevalt kirjeldatud meetodit. Järgnevalt on esitatud mõned tudengite kommentaarid (kirjaviis muutmata).

- *Ülesanded on väga huvitavalt üles ehitatud ning omapärasel laadis – enne andmed, seejärel ülesanded. See paneb õpilased ise uurima ja otsima andmeid. Samas, kui mõelda ülesannete peale, siis*

tunduvad lisakoormavad ebavajalikud andmed nagu auto värvus või istekohtade arv – isegi kui see annab realistlikuma pildi.

- *Ülesannete ülesehitus on väga huvitav! Ülesanded on elulised, mis on tore, sest see tekitab rohkem huvi! Viis, kus on andmed eraldi välja toodud, on hea, sest see annab ülesandest endast parema ülevaate ja tekitab vähem segadust.*
- *Liigsed andmed võivad segadusse ajada, samas on nad naljakad ja annavad võimaluse läheneda ülesande lahendamisel teise nurga alt.*
- *Mitmekesised andmed võib-olla aitavad lihtsustada ülesannete lahendamist. Mitte ainult tehniliselt ei aita lihtsustada, vaid juba see mõte, et kui õpilane näeb, et palju andmeid on, siis muutub tema suhtumine positiivsemaks. Juurdelisatavad andmed on samuti positiivsed. Eelkõige sellepärast, et kui õpilane saab aru, millised andmed puudu on, näitab see seda, et ta oskab neid ülesandeid mingil määral seostada valemitega.*

Uuringu käigus küsiti õpetajate ja õpilaste arvamust kasutatud meetodi kohta. Selgus, et alguses oli suurem osa õpilastest meelestatud hajusandmetega ülesannete vastu – nad ei osanud ega julgenud seda tüüpi ülesandeid lahendada. Samuti oli raskusi õpetajatel, kellel puudus kaheosalise ekvivalentsmeetodiga õpetamise kogemus.

Ka uuringus osalenud õpetajatel paluti kommenteerida hajusandmetega ülesannete lahendamist kaheosalise ekvivalentsmeetodi abil ning tuua esile ülesannete plussid ja miinused, et edaspidi saaks ülesandeid korrigeerida. Järgnevalt on esitatud mõned õpetajate kommentaarid (kirjaviisi muutmata).

- *Õpilased tegid ülesandeid üllatavalt hea meelega. Minu käest küsisid abi ainult need, kes alati (kes ei viitsigi väga süveneda).*
- *Kasutasin üsna palju seda tüüpi ülesandeid, kus tuleb andmed ise välja arvestada või hinnata ja tabelitest üles otsida. Näiteks arvutasime välja klassis oleva kiirkeedukannu võimsuse soojusfüüsika tunnis ja võrdlesime kannul märgituga. Klappis suhteliselt täpselt.*
- *Alguses oli raske õpilastele selgeks teha, kuidas neid ülesandeid on vaja lahendada, mida teha liigsete andmetega ja kust vajalikud andmed leida, kuid juba järgmisel tunnil oli olukord parem, õpilased hakkasid lahendama aktiivselt ja ise tahtsid seda rühmas teha.*
- *Sellised ülesanded on just rühmatöödena omal kohal. Õpilased küsisid ka vastuseid, et end kontrollida. Nad on harjunud ülesandeid lahendama ülesannete kogust ja kui vastus ei klapi, siis küsivad, et miks, ja otsime koos vigu. Mulle sellised ülesanded meeldivad ja targematele lastele ka!*

Õpilaste arvamused hajusandmetega ülesannete kohta olid väga erinevad: oli neid, kellele need ülesanded ei meeldinud üldse, kuid oli ka neid, kes leidsid, et seda tüüpi ülesanded panevad mõtlema, analüüsima ja on edaspidises elus kasulikumad kui traditsioonilised ülesanded, kus kõik andmed on ette antud. Poistele meeldisid hajusandmetega ülesanded enam kui tüdrukutele. Tasub mainida, et pärast hajusandmetega ülesannete lahendamist julgesid õpilased rohkem lisada kommentaare, arvutus- ja arutluskäike, põhjendamaks testi täitmisel valitud vastusevarianti (eeltesti täitmisel ei olnud õpilased üldjuhul põhjendanud oma valikut).

Kaheosalise ekvivalentsmeetodi ja hajusandmetega ülesannete mõju füüsikaõppe efektiivsusele kontrollisid artikli autorid juba varem kasutatud meetodikaga²⁴, mille kohaselt teeb õpetaja enne uue füüsikateema õpetamist eeltesti. Sama testi kordab õpetaja pärast teema läbimist ja hajusandmetega ülesannete lahendamist. Testid olid valikvastustega ja koosnesid kümnest küsimusest, küsimused tuginesid riiklikule ainekavale²⁵ ja füüsika riigieksamile²⁶. Testi täitmisel oli palutud õpilasel põhjendada valitud vastusevarianti. Sama eel- ja järeltest tehti ka paralleelklassides, kus uut tüüpi ülesandeid ei lahendatud. Eesmärk oli uurida, kas need ülesanded suurendavad õppe-efektiivsust või mitte. Õppe-efektiivsuseks E nimetatakse järel- ja eeltesti tulemuste vahet²⁷.

Nimetatud eksperiment tehti mehaanika, termodünaamika ja elektromagnetismi õpetamise ajal, sest nende teemade juures on võimalik lahendada igapäevaeluga seotud ülesandeid.

Joonisel 1 on esitatud traditsioonilise õppe ja kaheosalise ekvivalentsmeetodi efektiivsuse väärtused kohe pärast vastava füüsikateema õppimist.

²⁴ **Ganina, S.; Voolaid, H.** 2007. Füüsikaõppe efektiivsus ja selle tõstmise võimalused. – KVÜÕA toimetised 8. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 106–126. [Edaspidi *Ganina, Voolaid 2007*]

²⁵ **Füüsika riiklik õppekava.**

<<http://www.ekk.edu.ee/valdkonnad/oppekavad/pohikooli-ja-gymnaasiumi-riiklik-oppekava>> (01.08.2008).

²⁶ **Füüsika riigieksami ülesanded.**

<<http://vana.ekk.edu.ee/riigieksamid/gymnaasium/2008/text2.html>> (01.08.2008).

²⁷ Õppe-efektiivsus $E = T_j - T_e$,

kus $T_e = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N \cdot n}$ on eeltesti tulemus;

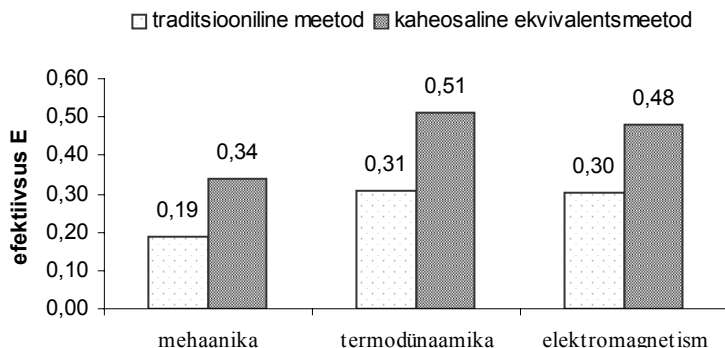
$T_j = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N \cdot n}$ on järeltesti tulemus;

N on vastanud õpilaste arv;

n on küsimuste arv testis;

n_i on ühe õpilase õigete vastuste arv.

Sellisel leitud efektiivsuskoefitsiendi väärtused jäävad -1 ja $+1$ vahele.²⁴



Joonis 1. Efektiivsus traditsioonilise ja kaheosalise ekvivalentsmeetodiga õpetamisel

Nagu jooniselt näha, võimaldab kaheosaline ekvivalentsmeetod tõsta füüsikaõppe efektiivsust keskmiselt 0,2 võrra (standarthälve $\sigma = 0,04$).

Hajusandmetega ülesannete mõju füüsikaõppe efektiivsusele KVÜÕAs

Artikli autoritel olid olemas andmed füüsikaõppe efektiivsuse kohta KVÜÕAs²⁸ aastatel 2004–2007. Nendele on lisatud uued, 2008. aasta andmed.

Tabel. Füüsikaõppe efektiivsus KVÜÕAs aastatel 2004–2008.

Õppeaasta	Kursus	E	E_M	E_S	E_E
2004/2005	7. PK	0,34	0,11	0,43	0,50
2005/2006	8. PK	0,52	0,28	0,62	0,67
2006/2007	9. PK	0,56	0,30	0,66	0,72
2007/2008	10. PK	0,59	0,41	0,65	0,71

Siin E on kogu kursuse efektiivsus, E_M – mehaanika efektiivsus, E_S – soojusõpetuse efektiivsus, E_E – elektromagnetismi efektiivsus (E väärtused jäävad vahemikku -1 ja $+1$).

Tabelist on näha, et viimasel aastal on kogu füüsikaõppe efektiivsus veidi tõusnud mehaanika efektiivsuse suurenemise arvelt. 2007/2008. õppeaastal tehtud eeltesti põhjal selgus, et just mehaanika vallas olid 10. põhikursuse

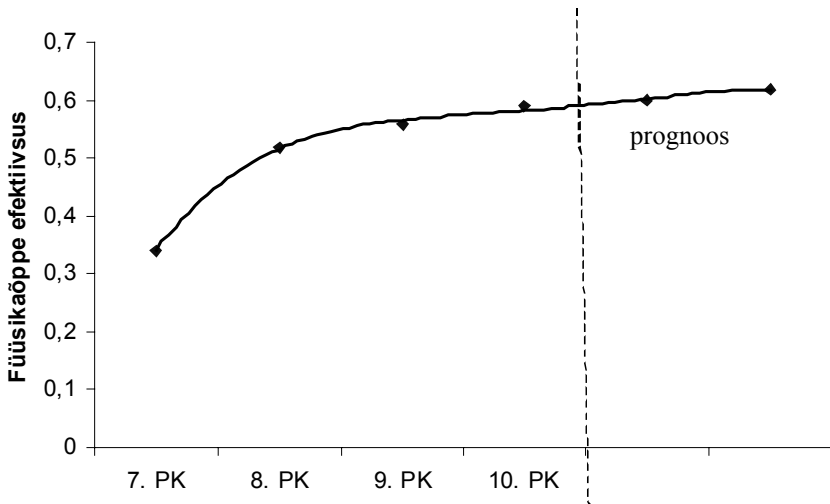
²⁸ Ganina, Voolaid 2007, lk 106–126.

kadettide algteadmised kõige paremad. Seetõttu pöörati kursusel rohkem tähelepanu spetsiifilistele, militaartehnoloogiaga seotud teemadele ja probleemidele. Selle kursuse käigus kasutati osaliselt ka hajusandmetega ülesandeid. Järgevalt on esitatud mõned näited.

- *Arvutada 16-kaliibrise sileraudse relva rauaõõne läbimõõt.*
Kommentaar: enne ülesande lahendamist on vaja meelde tuletada, et kaliiber määratakse selle järgi, mitu kerakujulist kuuli saab valmistada ühest naelast pliist. Seetõttu on vaja teada plii tihedust ja seda, mitu kg on üks nael. Leiame ühe naela plii ruumala ja võrdsustame selle 16 kuuli ruumalaga. Siit saab juba arvutada läbimõõdu.
- *Määrata relva tagasilöögi kiirus lasu hetkel.*
Kommentaar: enne ülesande lahendamist tuleb otsustada, millise füüsikaseadusega on siin tegu – arvatavasti on vaja kasutada impulsi jäävuse seadust. Teades, et impulssi saab arvutada massi ja kiiruse abil, leiame andmete seast või mujalt kuuli ja relva massi ning kuuli kiiruse.
- *Kasutades tanki tehnilise passi andmeid, arvutada tanki kiirendus, raskusjõud ja rõhk maapinnale.*

Nii sõjaväelaste kogemus kui ka erialased teatmikud aitavad leida vajalikud suurused mingis vahemikus, mistõttu pole võimalik saada täpset vastust. Ent see polegi eesmärk. Eesmärk on see, et tulevane ohvitser oskaks orienteeruda suures andmehulgas ja valida just need andmed, mis on konkreetses olukorras vajalikud.

KVÜÕA nelja-aastase uuringu andmed ja kaheaastane füüsikaõppe efektiivsuse prognoos on esitatud joonisel 2.



Joonis 2. Füüsikaõppe efektiivsus aastatel 2004–2008 ja kaheaastane prognoos (tegelikud andmed ja prognoos on eraldatud punktiirjoonega)

Uuringust selgub, et füüsikaõppe efektiivsus on nelja aasta jooksul tõusnud. Põhjuseks võib olla kaheosalise ekvivalentsmeetodi kasutuselevõtt alates 8. põhikursusest, samuti sõjaväelastele huvipakkuvate ülesannete ja probleemide lahendamine õppeprotsessis. Artikli autorite eesmärk on jätkata selle meetodi uurimist ja jälgida, kas hajusandmetega ülesannete lahendamine KVÜÕAs soodustab omandatud teadmiste püsimist paremini kui traditsiooniliste ülesannete lahendamine. Kui prognoos peab paika, võib arvata, et kasutatud metoodika tõstab õppe-efektiivsust.

Kokkuvõtteks

Artiklis on tutvustatud ülesannete lahendamise kaheosalist ekvivalentsmeetodit, mis seab ülesannete füüsikalise komponendi samaväärseks matemaatilisega. Välja on töötatud ka hajusandmetega ülesanded, mis koosnevad olukorra kirjeldusest ja esitatud küsimusest. Algandmed on esitatud eraldi ja neid on kas rohkem või vähem kui lahendamiseks vaja.

Tehtud uurimistöö käigus selgus, et hajusandmetega ülesannete lahendamine kaheosalise ekvivalentsmeetodi abil suurendab füüsikaõppe efektiivsust.

Kirjandus

- Bolton, J.** 1997. Developing students' physics problem-solving skills. – Journal of Physics Educations 32, pp. 176–185.
- Eesti Energia projektid.** <<http://www.energia.ee/index.php?id=23>>, (01.08.2008).
- Eesti füüsika portaal.** <<http://fyysika.ee/fyysika/avaleht>>, (01.08.2008).
- Fuller, R.** 1982. Solving Physics Problems. – How Do We Do It? – Physics Today, September. New York: American Institute of Physics, pp. 43–47.
- Füüsika riigieksami ülesanded.**
<<http://vana.ekk.edu.ee/riigieksamid/gymnaasium/2008/text2.html>>, (01.08.2008).
- Füüsika riiklik õppekava.**
<<http://www.ekk.edu.ee/valdkonnad/oppekavad/pohikooli-ja-gymnaasiumi-riiklik-oppekava>>, (01.08.08).
- Ganina, S.; Voolaid, H.** 2005. Füüsikaülesannete lahendamine. Loodusainete õpetamisest koolis, II osa. Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.
- Ganina, S.; Voolaid, H.** 2008. Füüsikaõppe efektiivsuse mõõtmine. Eesti Füüsika Seltsi aastaraamat 2007. Tartu Ülikool, lk 86–92.
- Ganina, S.; Voolaid, H.** 2007. Füüsikaõppe efektiivsus ja selle tõstmise võimalused. – KVÜÕA toimetised 8. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 106–126.

- Heller, P.; Keith, R.; Anderson, S.** 1992. Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Group Versus Individual Problem Solving. – American Journal of Physics 60 (7), pp. 627–636.
- Jong, T. de; Njoo, M.** 1992. Learning and Instruction with Computer Simulations: Learning processes involved. – Eds. E. de Corte, M. Linn, H. Mandl, L. Verschaffel. Computer-based learning environments and problem solving. Berlin: Springer-Verlag, pp. 411–429.
- Loide, R.-K.** 2002. Füüsika I. Ülesandeid ja probleeme, näidisülesandeid. Tartu: KVÜÖA.
- Loide, R.-K.** 2005. Füüsika näidisülesanded. Mehaanika. Koolibri.
- Neuman, Y.; Leibowitz, L.; Schwarz, B.** 2000. Patterns of Verbal Mediation during Problem Solving: A Sequential Analysis of Self-Explanation. – The Journal of Experimental Education 68 (3), pp. 197–213.
- Palincsar, A. S.; Brown, A. L.** 1984. Reciprocal Teaching of Comprehension-fostering and Comprehension-monitoring Activities. – Cognition and Instruction 1 (2), pp. 117–175.
- Plotzner, R.** 1994. The Integrative Use of Qualitative and Quantitative Knowledge in Physics Problem Solving. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Redish, E.** 2003. Teaching Physics with the Physics Suite. Hoboken: John Wiley and Sons.
- Reif, F.** 1995. Understanding and teaching important scientific thought processes. – American Journal of Physics 63, pp. 17–35.
- Riiklik õppekava.** <<http://www.ekk.edu.ee>>, (01.08.2008).
- Styer, D.** 1998. Guest comment: Getting there is half the fun. – American Journal of Physics 64, pp. 105–106.
- Teadusbuss Suur Vanker.** <<http://fyysika.ee/fyysika/teadusbuss>> (01.08.2008).
- Teaduskeskus AHHA.** <<http://www.ahha.ee>>, (01.08.2008).

Svetlana Ganina, M.Sc., KVÜÖA loodus- ja täppisteaduste õppetooli matemaatika-füüsika lektor

Henn Voolaid, knd (füüsika-matemaatika), TÜ loodus- ja tehnoloogiateaduskonna koolifüüsikakeskuse juhataja, dotsent