



Kalev Tarkpea: „Koolifüüsika ei tee seda, mida ta väidab end tegevat. Saavutatakse tulemus, mis on soovitud enamasti vastupidine.”

Füüsika õppekava on muutunud põhimõtteliselt

K a l e v T a r k p e a

Tartu ülikooli füüsika instituut, gümnaasiumi ainekava töörühma juht

Gümnaasiumi füüsika ainekava erineb oluliselt senisest. Käesolevas artiklis püüan selgitada haridusüldsusele fakte ja kaalutlusi, millest ainekava koostamisel juhinduti.

Suuresti on tegemist autori tänavusel füüsikapäevadel 23. märtsil Tartus peetud ettekande kirjaliku versiooniga. Autor on püüdnud vältida veebis aadressil <http://www.oppekava.ee/> leiduvates ainekava lisades toodu kordamist.

Privilegeeritud teadus

Gümnaasiumi füüsika ainekavas tehtud muudatuste tausta avamiseks tuleb minna ajas vähemasti 30 aastat tagasi, põgusalt kirjeldada füüsikateaduse ja füüsikahariduse seisundit kogu tollases Nõukogude Liidus ning ühtlasi nimetada selle iseloomustamiseks? Füüsika oli Nõukogude Liidus privilegeeritud teadus. Seda mõistagi põhjusel, et just füüsikateadmiste baasil oli hiljuti loodud tuumarelv ja muud seni ulmelistena tundunud relvasüsteemid. Füüsika oli mingil määral juba andnud ja töötas tu-

levikus veelgi enam anda üliirigi juhtide kätte „suure malaka”, millega hirmutades oleks võimalik lõpuks kogu maailm enda ees põlvili suruda.

Loomulikult oli koolifüüsika neis tingimustes tugevasti totaalse riigi kontseptsiooni teenistuses. Õpikutes domineerisid näited, milles seati esiplaanile riiklikud prioriteedid. Asju, mis võiksid huvitada inimest tema tavaelus, ei peetud enamasti kuigi tähtsateks. Koolifüüsika riigikeskse ja käsumajandusliku eesmärgipüstituse kohaselt tuli kõigile õpilastele võimalikult varakult ja käsu korras asuda õpetama füüsikaga tegelemist (füüsikaülesannete lahendamist, valemit tuletamist jms). Seejuures ei huvitanud kedagi, kas need oskused on tavakodanikule elus toimetulekul üldse vajalikud või mitte. Arutelud käskude päritolu ning mõtte üle olid totalitaarsüsteemis keelatud. Põhieesmärk oli toota riigile

uusi füüsikuid ehk siis mitte kaotada kedagi, kellel võiks olla eeldusi füüsikuks või tehnikateadlaseks saada. Täielikult ignoreeriti aga fakti, et õpilaste huvid spekter on väga lai ning kõigil õpilastel ei saagi olla füüsika- või tehnikahuvi. Õppurite põhimassis tekitas selline lähenemisviis loomulikult vastumeelsust füüsika suhtes.

Muudatused jäid poolikuks

Vana süsteemi lagunemisel asuti Eestis koolifüüsikat reformima, et üldinimlikku dimensiooni selles oluliselt suurendada. 1990. aastatel valminud eestikeelsetes füüsikaõpikutes domineerisid juba inimkesksed näited, füüsikat asuti tutvustama kui kultuurinähtust. Haridusvaldkonnale omase inertsuse tõttu aga jäid muudatused esialgu poolikuks. Süsteem jätkas põhiosas liikumist piki harjumuspärast rada. Füüsikahariduses toi-

muvat iseloomustasid kujult ühe vastse keemiatudengi anonüümses kirjaliikus pihtimuses (1994) käesoleva artikli autorini jõudnud sõnad: „Füüsikat õpetatakse koolis vaid lootuses, et äkki leidub õpilaste hulgas mõni teravanaline prillidega poisike, keda oleks võimalik kergesti füüsikuks pöörata, et nende sugu välja ei sureks.”

Tartu ülikooli täppisteaduse erialade (matemaatika, statistika, füüsika, keemia, materjaliteadus, infotehnoloogia, informaatika) esimese füüsikakursuse õppejõuna korraldas autor aastail 2002–2007 analoogilisi anonüümseid arvamusuuringuid. Kursusel osalenute maksimaalne arv ühes aastakäigus oli 531, tehtud kokkuvõtte põhineb vähemasti tuhande üliõpilase küsitlemisel. Tulemusena selgus, et rõhuv enamik äsjustest abiturientidest oli koolis füüsikat pidanud ebameeldivaks õppeaineks ja kolmveerandil neist puudusid täielikult igasugused süstemaatilised füüsikateadmised, millele ülikooli õppejõud midagi rajada võiks. Arvamusavaldustes esinesid sageli ülestunnistused stiilis: „Füüsika hinne oli mul koolis kogu aeg 5, aga aru ei saanud ma mitte midagi.” Oma sõnul ei mõistnud füüsika olemust isegi need värsked tudengid, kes olid omandanud füüsikavalemitega manipuleerimise nõutava oskuse. Tasub veel rõhutada, et tegemist oli siiski täppisteadust õppima tulnutega. Üldine keskmine pilt oli siis ja on arvatavasti ka praegu tunduvalt kurvem. Muu hulgas selgus, et füüsika ülesannet lahendavad õpilased sageli kui ristsõnamõistatust: nad püüavad „ära arvata” mõistatuse koostaja oodatud tähekombinatsioonide (valemite), seejuures valemite mõtet taipamata.

Vastumeelne koolifüüsika

Kui üritame kõiki selliseid väärnähtusi kokkuvõtlikult tähistada, meenub sõna „võõrandumine”. Koolifüüsika ei tee seda, mida ta väidab end tegevat. Saavutatakse tulemus, mis on soovitud enamasti vastupidine. On tõsiselt alust arvata, et koolifüüsika võõrandumise peapõhjus on käsumajandusliku eesmärgipüstituse jätkuv säilimine. Endiselt nõutakse õpilaselt füüsikas kohe tegevuse juurde asumist, selle tegevuse vajalikkust eelnevalt mõtestamata. Ikka veel püütakse enam-vähem kõiki õpilasi poolvägisi „füüsikuks

pöörata”. Aga see eesmärk on tänapäeva Eestis põhjendamatu.

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

Kindlasti peab koolifüüsika aga andma tulevasele kodanikule oskuse sooritada tavaelus vajalikke mõõtmisi, arvutusi ja prognoose. Homset kodanikku tuleb õpetada eristama teaduslikku argumentatsiooni ebateaduslikust, temas tuleb kujundada säästlikule ja jätkusuutlikule arengule orienteeritud väärtushinnanguid. Selleks kõige on aga vaja enamasti verbaalset, mitte valemlikku füüsikat. Mõistagi on tore, et meil leidub ka üha rohkem füüsikale ja tehnikale orienteeruvaid õpilasi. Neil peab kindlasti säilima võimalus omandada füüsikat matemaatiliselt rangelt ja süstemaatiliselt, kuid see võimalus ei tohi realiseeruda ülejäänud õpilaste füüsikavihkajateks kasvatamise arvelt.

Kodanikuühiskonna füüsika

Kõike eelnevat resümeerides võib füüsika uue ainekava kontseptuaalseks selgrooks nimetada lõplikku üleminekut totaalsele riigile vajalikult koolifüüsikalt vaba kodanikuühiskonna füüsikale. Lisaks sellele on ainekava arenduses toimunud füüsika kui loodusteaduse asetamine pea pealt jalgadele tagasi. Eesti senine koolifüüsika on lähtunud peamiselt füüsika täppisteaduslikust kontseptsioonist. Füüsikaline probleem on enamasti taandatud valemitega manipuleerimisele „ülalt” ette antud ja vaikumisi absolutiseeritud mudeli raames. Eesmärk on olnud füüsika maksimaalne sarnasus matemaatikaga, kus teatavasti on ainult üks õige vastus ja kõik teised vastused on automaatselt valed. Vastavalt on ka mõned Eesti koolifüüsikud üritanud luua füüsikaseaduste ja definitsioonide „ainuõigete” sõnasüsteeme. Selline lähenemisiivis

on vildakas ja sellest tuleks üle saada. Füüsika on siiski eelkõige loodusteadus ja kirjelduse adekvaatsuse ainsaks kriteeriumiks saab olla kooskõla eksperimendiga. Kui kahel omavahel konkureerival mudelil (looduse kirjeldusel) on mõlemal piisav eksperimentaalne alus, tuleb neid mõlemaid aktsepteerida. Nende kirjelduste tugevuste ja nõrkuste väljatoomine on füüsikalise mudeli analüüs. Suutlikkus seda teha on aga füüsika tundmine. Seega tuleks edaspidi ka õpilaste teadmiste välis-hindamisel (nt füüsika riigieksamil) luge-da samaväärselt õigeks definitsioonide eri sõnastusi.

Antud kontekstis tuleb veel märkida, et füüsika kui loodusteaduse seisukohalt on valemitega manipuleerimise oskus üpris väärtusetu, kui sellega ei kaasne suutlikkus teisendada kasutatava mudeli matemaatilist kirjeldust verbaalseks või pildiliseks. Füüsika on ju eelkõige teadus, mis konstrueerib loodusnähtuste kõige üldisemaid mudeleid ja hindab nende rakendatavuse piire. Mudelist saab aru vaid see, kes oskab seda esitada mitmes semantilisest süsteemis, piirdumata puhtformaalsete oskustega üheainsa märgisüsteemi raames. Liiga varajases staadiumis matematiseeritud koolifüüsika kipub kaotama sidet loodusega. Selle lõpptulemuseks on võõrandumine, millest uue ainekavaga üle saada püütakse.

Miks ja mida õpetame?

Gümnaasiumi füüsika uue ainekava kontseptsiooni aluseks said ca 30 aktiivse füüsikaõpetaja ühised seisukohad, mis formeerusid seminaridel Läh-tel 21.04.2006 ja Tartus 13.05.2006. Paljugi sai selgemaks aprillist juunini 2009 toimunud diskussioonides, mille käigus pidasime üle kümne koosoleku ja saatsime sadu lehekülgi e-kirju oma suhtluskeskkonnas. Põhiosas juba valminud ainekava tutvustati Eesti füüsika seltsi korraldatud sügisseminaril Voo-re puhkekeskuses 7. novembril 2009, kus osales 103 füüsikaõpetajat. Seal toimunud diskussiooni alusel tehti ainekavas veel hulk korrektiive. Ainekava eesmärkide formuleerimisel tugineti aprillis läbi viidud e-küsitluse andmetele. Ankeedile vastas üle 400 inimese mitmesugustelt elualadelt.



Füüsika uus õppekava püüab vähendada õpilaste võõrandumist füüsika õppeainest ning asendada mehhanistlik käsutäitmine arusaamist kultiveeriva õpetamisega.

Ankeedis välja pakutud gümnaasiumi füüsikaõppe üldiste õpitulemuste hulgas hindasid vastajad kõige kõrgemalt oskust teha igapäevaelus vajalikke arvutusi ja prognoose, aga ka üldist mõõtmisuskust ja ühikute tundmist. Kõige vähem poolthääli said oskus lahendada füüsika ülesandeid, füüsika ajaloo tundmine ning ülevaate omamine Eestis tehtavast uurimistööst füüsikas. Küsitluse tulemustest lähtudes pandigi uues ainekavas rõhk praktiliste oskuste kujundamisele (korrektno mõõtmine, füüsikaga seonduva tegevuse personaal- ja keskkonnariskide hindamine ning vastavate ohtude minimeerimine). Füüsika ajalugu ning eesti füüsikute saavutused ei kajastu aga ainekava õpitulemustes üldse, mis muidugi ei tähenda, et õpetaja nendest õpilastele rääkida ei võiks.

Ainekava eesmärkide ja õppesisu määratlemise kolm põhiküsimust formuleeris selgesti hilisem töörühma liige Jaan Paaver. Ta kirjutas: „Kõigepealt on vaja otsustada, *miks* me õpetame füüsikat. Teiseks on vaja otsustada, *mida* me õpetame. Ja kolmandaks, on vaja otsustada, *kuhu* me

selle õpetamisega välja jõuda tahame.” Diskussiooni käigus tõdeti – füüsikaõpe peab viima keskmise gümnaasiumilõpetaja selle mõistmiseni, et

- ta elab maailmas, kus toimivad inimtahtele mitte alluvad loodusseadused;
- paremaks toimetulemiseks eluga selles maailmas on hea loodusseadusi tunda;
- igal looduse struktuuritasemel on omad seadused, mis on vastava loodusteaduse jaoks olulised;
- kõige üldisemaid loodusseadusi uuriv teadus on füüsika;
- füüsika loob loodusnähtuste kõige üldisemad mudelid, millele tuginedes saab mõista maailma terviklikkust ning rakendada loodusnähtusi inimese teenistusse.

Niisiis pidi uus ainekava eelkõige veenma gümnaasisti selles, et füüsika ei ole veidrate sõnade ja märkide süsteem, mille äraõppimise nõudega õpilasi piinatakse. Füüsika on üks tähtsamaid vahendeid selleks, et end maailmas koduselt tunda. Kui maailmas ei leiduks füüsikaga tegelejaid, oskaksid inimesed vaid karta neile tundmatuid loodusjõu-

de. Poleks ka kogu tänapäeva tehnoloogiat ning selle loodud hüvesid. Kui Eestis ei tegeldaks üldse füüsikaga, siis ei suudaks ükski Eesti elanik kuuluda nende 5% hulka, kes loovad uusi tehnoloogiasid ning kellele ülejäänud 95% inimkonnast nende hüvede kasutamise eest maksab. Füüsikata jääks Eesti vaeseks, rumala ja odava tööjõuga maaks.

Sissejuhatav kursus

Niipea kui kokkulepe uue ainekava põhi-eesmärkides oli saavutatud, keskendus diskussioon nendeni jõudmise meetoditele. Uue riikliku õppekava struktuur nägi ette gümnaasiumi füüsikaõppe koosnemist viiest kohustuslikust kursusest ja kahest valikkursusest. Vajadus saavutada eelmises lõigus loetletud eesmärgid muutis uuesti aktuaalseks üldise ja sissejuhatava füüsikakursuse loomise idee. Sissejuhatav kursus sisaldas teatavasti juba 2006. aastal koostatud ainekavas. Kuna oli selge, et sissejuhatav kursus pingestab veelgi ülejäänud nelja kohustusliku kursuse sisu, esitati siin mitmeid vastuväiteid. Siiski jäi diskussioonis pea-

le seisukoht, et „ei saa edukalt õppida füüsikat, kui ei teata, mis on loodus, mis on füüsika ja kuidas füüsika loodust uurib“ (tsitaat Henn Voolaiult).

Tuleb ka märkida, et esimese füüsikakursuse kohta avaldatud arvamustes valitses teatud seaduspärasus. Nimelt olid esimese sissejuhatava kursuse vastased nii või teisiti eliitõppega tegelejad – kas eliitkoolide õpetajad või ülikooli elitaarõppe entusiastid. Samas osutasid kõik tavakoolide füüsikaõpetajad keskeltläbi selle kursuse pooldajateks. Ühe kaaluka argumendina esimese sissejuhatava kursuse poolt esitati vajadus luua õpimotivatsioon ülejäänud nelja kursuse edukaks läbimiseks. Selle valguses muutub arusaadavamaks elitaarõpetajate negatiivne suhtumine sissejuhatavasse kursusesse. Elitaarõpe ei vaja motivaatorit, eliitõppurid juba on motiveeritud. Nad on enamasti seadnud endale sihi kuhugi välja jõuda ning selleks vajalike eelduste hulka kuulub füüsikaga tegelemise oskus.

Teema lõpetuseks tasub veel tsiteerida ainekava ennast, mille kohaselt „esimese kursuse põhifunktsiooniks on selgitada, mida füüsika suudab ja mille poolest eristub füüsika teistest loodusteadustest. Esimene kursus ühtlustab erinevatest põhikoolidest tulnud gümnaasistide füüsikateadmisi, defineerides edaspidi vajalikke mõisteid ka juhul, kui need juba sisaldasid põhikooli ainekavas. Füüsikaliste mõistete sisu avatakse esimeses kursuses taotluslikult tavakeele sõnadega.“

Kohustuslike kursuste arvu vähenemine viiele ning sissejuhatava kursuse vajalikkus muutsid üheskoos võimatuks senistes ainekavades domineerinud ülesehitusprintsipiide rakendamise. Kõige olulisem osa senise kuue kursuse materjalist tuli nüüd paigutada nelja kursusesse. Uue ainekava kursuste järjestus lähtub selgesti nüüdisaegse füüsikalise maailmapildi võtmekomponentide omavahelistest seostest. Kui esimeses kursuses vaadeldakse füüsika olemust, meetodeid, üldmudeleid ja üldprintsipe, siis teises kursuses kirjeldatakse kehade liikumist ning kolmandas väljade toimet. Neljas kursus käsitleb füüsika energetilisi rakendusi ning viies meeleeelunditega vahetult tajumatut mikro- ja megamaailma füüsikat. Kahe viimase kursuse läbimise omavaheline järjekord on jäetud

õpetaja otsustada, kuna kaalukaid argumente võib esitada nii ühe kui ka teise järjestuse poolt.

Mõni sõna ka kahest valikkursusest. Vältimaks raskusi valikkursuste õppesisu üldaktsepteeritava määratlemisel otsustati delegeerida lõplik otsus füüsikaõpetajale. Kumbki valikkursus sisaldab 15 moodulit, igaüks mahuga 3–6 õppetundi. Nende hulgast valib õpetaja kuni kaheksa moodulit. Valikkursuste kontekstis väärib kindlasti eraldi rõhutamist asjaolu, et samade teemade esinemise korral kohustusliku kursuse ja valikkursuse õppesisu lisandub kohustusliku kursuse kvalitatiivkäsitlusele valikkursuses kvantitatiivkäsitus. Oluline on ka see, et valikkursuste välishindamist ei toimu. Õppe tulemuslikkust koolis hinnates kasutatakse töövormidest lähtuvaid hindamismeetodeid (infootsingu hindamine, esseede või mõistekaartide hindamine). Seetõttu ei ole ainekavas valikkursuste osas ära toodud konkreetseid õpitulemusi.

Pähe õppima ei pea

Üks uue ainekava eripära on pärvinud koguni üleriigilise meedia tähelepanu. Nimelt on ainekavas loobutud füüsika valemite peast teadmise nõudest. Gümnaasiumi füüsikaõppes kujundatakse oskust mõista valemite füüsikalist sisu, vajalikke valemite leida ning neid õiges kontekstis kasutada. Kuid valemite pähe õppida pole õpilasel enam vaja. Iga füüsikaõpetaja otsustab seejuures ise, mil viisil ta võimaldab õpilastel valemite leht, valemid füüsikakabineti seinal vms).

Ainekavale on ette heidetud, et valemite peast teadmata on keeruliste füüsikaprobleemide lahendamine ja kommunikatsioon füüsikas keeruline. Ainekava töörühm soovib antud kontekstis rõhutada, et faktide peast teadmist hinnati kõrgelt minevikus – siis kui kord omandatud haridusest piisas elu lõpuni ja täiendusõpet polnud vaja. Seevastu tulevikus muutub üha väärtuslikumaks oskus meid ümbritsevas infomeres asjakohast teavet üles leida. Just seda oskust tuleb eelkõige arendada. Seoste formaalset päheõppimist ei tasu väga tähtsustada. See raiskab õppeaega ja tekitab õpilasel väärkujutelma saavutusest. Kui õpilane on valemite korduvalt

eri kontekstis rakendanud, on see suure tõenäosusega tal ka peas.

On laialt levinud eksiarvamus, et loobumine valemite päheõppimise nõudest tähendab taseme langetamist. Tegelikult on see vaid headelt spikerdatelt nende põhjendamatu eelise äravõtmine. Reaalelus on valemite peast teadja põhi-eeliseks mitteteadja ees suurem töökiirus. Valemite peast teadja ei pea iga seost teadmikust või internetist otsima ja sellele aega kulutama. Kuid suurem töökiirus keerukate füüsikaliste arvutusülesannete lahendamisel on eelkõige vajalik füüsikalise-tehnilisele professionaalile, mitte tavakodanikule. Valemite peast teadmine on küll väärtus, mille poole tasub püüelda, kuid see on füüsikaõppe järgmine tase. See on eesmärk, mida on mõtet seada vaid neile, kes soovivad valida tulevikus füüsika või tehnikaga seonduva elukutse. Tavakodanik tekitab valemite päheõppimise nõue aga vaid vastumeelsust füüsika suhtes.

Tutvustatakse uurimuslikku lähenemist

Pole liigne rõhutada, et kuna gümnaasiumi ainekava muudatused on suured ja põhimõttelised, siis vajavad gümnaasiumi füüsikaõpetajad üldjuhul täiendus-koolitust. Lisaks varasemates ainekavades mitte sisaldunud kursuste õpetamise metoodikale peaks täiendusõpe hõlmama ka uurimusliku lähenemise tutvustamist, uurimistööde läbiviimiseks vajaliku õppemetoodika omandamist ning õpilaste uurimistulemuste hindamise treeningut. Õpetajate täienduskoolitus aktiivõppe ja uurimisõppe metoodikas peaks ressurside otstarbeka kasutamise huvides olema kõigile loodusainetele ühine.

*

Käesoleva artikli lõpetuseks soovib autor tänada hea koostöö eest oma kolleege ainekava töörühmast. Need on Jaak Jõgi, Riina Leet, Jaan Paaver, Elmu Mägi ja Aarne Silas.