



Eesti keelde tõlgitud populaarteaduslikes raamatutes on palju vigu, mis võivad tekitada väärarusaamu.

Eksitavad aimeraamatud

Henn Voolaiu juhendamisel uuris üliõpilane Gerrit Kanarbik füüsikaõpetaja kutse aasta lõputöös aimekirjandust kui ühte võimalikku allikat füüsikaliste väärarusaamade tekkel. Töö on tehtud ETF grandis 5321 raames.

Gerrit Kanarbik Henn Voolaid

TÜ koolifüüsika keskus

Raamatupoodide lettidele on kuhjatud hulgaliselt eri vanuseastmetele mõeldud aimeraamatuid, peamiselt tõlkeid saksa ja inglise keelest. Enamasti on need raamatud rohkelt illustreeritud ja pilkupüüdvad ning sisaldavad lapsele jõukohaseid põhjendusi, kirjeldusi ja selgitusi. Tahtmata kuidagi alahinnata aimekirjanduse rolli laste silmaringi laiendamisel ning teadmishimu ja teadushuvi õhutamisel, tuleb siiski pöörata tähelepanu aimeraamatute kvaliteedile. Selgub, et eesti keelde tõlgitud aimeraamatutes on märkimisväärsel hulgal eksimusi, mis võivad tekitada väärarusaamu.

Tõstatades hüpoteesi populaarteaduslikust kirjandusest kui ühest võimalikust allikast füüsikaliste väärarusaamade tekkimisel, võtsime aluseks varasemad väärarusaamade kohta käivad uuringud, kus käsitleti vigu sisaldavaid õpikuid (4). Hüpoteesi kontrollimiseks

vaatlesime kahte aimeraamatut: Gerald Boschi "1000 põnevat eksperimenti" (1) ja Nikolaus Lenzi "1000 küsimust ja vastust" (3). Mõlemad on originaalis saksa keeles, eestikeelsetena ilmusid 2001. aastal kirjastuses Ersen. Valituks osutsid need raamatud sellepärast, et seal sisaldub rohkelt füüsikasse puutuvat, kirjeldatatakse ja seletatakse paljusid füüsikalisi nähtusi ja füüsikakatseid. Ot-sisime nendest raamatutest eksimusi, suunates põhitähelepanu füüsikalise taustaga vigadele. Kuigi eesmärk ei olnud kõigi vigade tuvastamine, kogunes sellegipoolest kahe raamatu peale kokku üle 150 eksimuse.

Füüsikalised eksimused

Pöörates tähelepanu füüsikalistele eksimustele, jagasime need kahte suuremasse rühma: sisulised ja terminoloogilised vead. Sisulisteks eksimusteks lu-

gesime vasturääkivused tunnustatud loodusseadustele, nähtuste lihtsustatud või väärad kirjeldused ja põhjendused, mitmetimõistetavused, faktilised ja hinnangulised eksimused. Terminoloogiliste vigade hulka arvasime füüsikaliste mõistete mitmesugused väärkasutused. Eksimuseks lugesime ka mõiste kasutamise vales kontekstis või lausa tundmatu, väljamõeldud termini kasutamise (toetudes "Füüsika sõnaraamatule" (2)). Samuti tõime välja raamatutes kasutatud mõisted, millele füüsikaterminoloogias on üldtuntumaid ja sobivamaid vasteid. Samas taunisime võõrkeelse termini kasutamist, kui mõistele leidub eesti keeles sobiv sünonüüm. Järgnevalt lühike ülevaate vigadest.

Petlikuks osutub juba ühe analüüsitava raamatu pealkiri: kui raamatus "1000 küsimust ja vastust" (3) on esitatud küsimuste hulk tõesti tuhande lähedal, siis

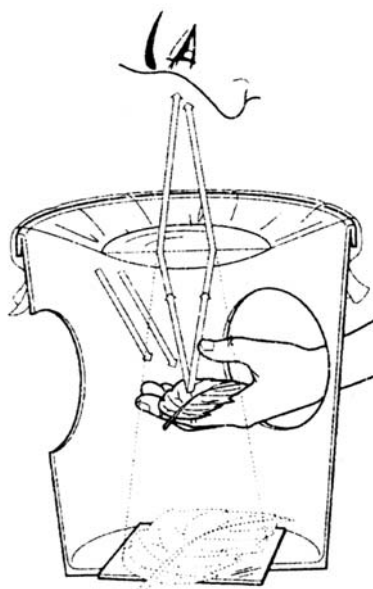
raamatus "1000 põnevat eksperimenti" on vaid ligikaudu sada katsekirjeldust (1).

Sisulised vead

Vaatleme esmalt sisulisi eksimusi. Esineb väiteid, mida ei saa füüsikaliselt õigeks lugeda, näiteks võlujõul avanevad purgid: sellest räägib pealkiri "Keerata-va kaanega purgi avamine ilma jõuta" (1, lk 14). Pindpinevust kirjeldades on kirja pandud järgmised laused: "Pesuvahendit lisades lahustuvad vee molekulid ja vee pindpinevus langeb"; "Pesuvahendi lisamise tagajärjel langeb "vee naha" pindpinevus ja veemolekulid lahunevad" (1, lk 50). Ei lahustu veemolekulid, vaid pesupulber, mille tagajärjel vähenevad veemolekulidevahelised kohesioonijõud ja vee pindpinevus väheneb. Teise lause sisule mõeldes võiks aga jõuda järeldusele, et pesupesemine on ohtlik tegevus, sest veemolekulide lagunemisel tekib kaks gaasi – vesinik ning hapnik. Nende segunemisel moodustub teatavate kontsentratsioonide juures plahvatusohtlik paukgaas.

Soojuspaisumisest annab moonutatud pildi järgmine lause: "Kuumas õhus on osakesed soojuse mõjul paisunud ja üksteisest eemaldunud" (1, lk 90). Soojuspaisumisel teatavasti ei toimu aineosakeste (aatomite ja molekulide) paisumist, vaid suureneb nende vaheline kaugus.

Katsele, kus elektriliselt laetud esemega mõjutatakse peenikest veeniret,



Ebakorrektne joonis.

tuuakse põhjenduseks veemolekulid, mis omavad samuti elektrilaengut. Samas on üldteada, et molekulid on elektriliselt neutraalsed. "Elektriliselt laetud veemolekulid tõmbuvad laenguga kammi poole" (1, lk 112).

Esineb ka nähtuste lihtsustatud või lausa väärased kirjeldusi. Näiteks võiks tuua heledate ja tumedate pindade temperatuuride erinevuse põhjenduse: "Nagu sa juba auto istmete põhjal tead, tõmbavad tumedad toonid rohkem soojust ligi kui heledad" (1, lk 91). Lapsed puutuvad selle nähtusega pidevalt kokku ja usutavasti oleks vähem müstiline ja arusaadavam rääkida pinnale langeva valguse peegeldumisest ja neeldumisest ning nende nähtuste vahekorrast sõltuvalt pinna toonist.

Nähtuse lihtsustamiseks võib nimetada ka seda, kui protsessi kirjeldamisel jäetakse mainimata olulised tingimused või asjaolud, milleta see ei toimu. Näiteks täieliku peegelduse kirjelduses: "Kui valguskiir jõuab optiliselt tihedamast keskkonnast, nagu vesi või klaas, optiliselt hõredamasse keskkonda – õhku, siis see ei murdu, vaid peegeldub (reflekteerub)" (1, lk 77). Jäetakse lisamata, et selline efekt leiab aset alles teatavast langemisnurgast suuremate langemisnurkade korral. Selle lisatingimusega võib tekkida küsimus, miks valgus näiteks prilli- või aknakraasist läbi tuleb. On ju klaas optiliselt tihedam kui õhk. Seega peaks klaasi sisenev valgus jääma sinna igaveseks lõksu – peegelduma kahe pinna vahele.

Ka elektritootmise kirjeldamisel jääb mainimata oluline info. Nimelt on seal kirjas: "Tänapäeval kõige tähtsam elektritootmise viis kasutab ära järgmist füüsikalist ilmingut: kui panna traat magneti lähedale, siis tekib selles traadis elektrivool" (1, lk 153). Tõepoolest, hetkel, kui magnet liigub ja magnetväli muutub, indutseeritakse kinnises kontuuris elektrivool, kuid eelmise lause põhjal võiks arvata, et elektri tootmiseks piisabki sellest, kui asetada püsiv magnet juhtme kõrvale.

Kohatu info

Vale arusaamist võib õhutada ka üleliigne ning kohatu info. Näiteks lõigus, kus räägitakse, et toiduainete kuivamist saab vältida nende vaakumisse paken-

damisega, lisatakse sulgudesse: "Loodusteadlased nimetavad sellist aurustumisreaktsiooni, mille käigus tahke aine ei muutu vedelaks, vaid kohe gaasiks, sublimatsiooniks" (1, lk 121). Iseenesest on väide täiesti õige, kuid kõrvutades seda lauset eespool oleva saia kuivamise kirjeldusega, võib ekslikult arvata, et aurustub sai, mitte selles sisalduv vesi.

Uuritud teostes esineb ka autori teadmatuses või raamatumaterjalide aegumisest tingitud ebatäpsusi, näiteks lõigule "Kõige paremaid suurendusi saab aga elektronmikroskoobiga, mis suurendab asju 1000–500 000 korda. Selle abil näeb isegi raku üksikuid osi nagu näiteks rakutuuma" (1, lk 79) peaks kindlasti lisama märkuse, et teravikmikroskoopidel ja aatomjõumikroskoopidel on märksa suurem eraldusvõime ning need võimaldavad vaadelda mitte ainult rakutuuma, vaid ka aatomeid.

Ekslikuks võib pidada ka väidet: "Päikese sisemuses, kus temperatuur ulatub mitme tuhande kraadini, plahvataks iga sugune mustus" (1, lk 132). Tegelikult ulatuvad temperatuurid Päikese sisemuses märksa kõrgemale kui mitme tuhande kraadini, Päikese keskosas koguniski 15 miljoni kraadini. Sarnaselt võib vigaseks lugeda hinnangu: "Üks liiter ilmaruumi sisaldab umbkaudu 300 aatomit, üks liiter õhku tuhat miljardit aatomit" (3, lk 13). Ühes liitris õhus on märksa enam aatomeid kui tuhat miljardit (10^{22}). Aatomite tegelik arv sellises ruumalas õhus on kümme suurusjärku suurem ($\sim 10^{22}$).

Kõik joonised pole samuti füüsikaliselt korrektsed. Näiteks on joonisel, kus kirjeldatakse isevalmistatavat luupi, kiirte käik optilises katsevahendis valesti kujutatud (1, lk 78). Jääb mulje, et puulehe ühest punktist väljuvad valguskiired sisaldavad endas infot kogu puulehe kohta (sarnaselt hologrammidega). (Vt joonist).

Terminoloogilised vead

Vaadeldavates raamatutes nimetatakse füüsikalisi seadusi, nähtusi ja suurusi tihthepeale valede või siis mittetraditsiooniliste nimedega. Vale termini kasutamise näiteks olgu luubi *optilise eraldusvõime* asemel tarvitusele võetud *optiline hajumine*. "Taalised luubid, nagu sina ehitasid, saavutavad mingil hetkel oma *optili-*

se hajuvuse piiri" (1, lk 79). Samane eksitus lausekatkes: "Samas saad ka teada, kuidas muutub nähtavus, kui lääts on lame või ümaram" (1, lk 80). Tõenäoliselt silmas peetud mõiste suurendus on asendatud terminiga nähtavus.

Tuleb ette ka eksimusi füüsikaliste terminite defineerimisel: "Oma süsteemi suurendust saab ka nii mõjutada, sest läätse ja objekti vahemaa mõjutab kujutise teravust, nagu läätse kumeruski. Seda vahemaad nimetavad füüsikud fookuskauguseks (optilise süsteemi fookuskauguseks)" (1, lk 82). Tegelikult on ju fookuskaugus konkreetse läätse jaoks konstantne suurus ega sõltu kuidagi läätse ning objekti omavahelisest kaugusest.

Terminite ekslik tõlkimine võib mõne füüsikalise nähtuse kirjelduse muuta täiesti arusaamatuks. Sellisel moel annab näiteks mõiste kang asemel kasutatud hoob ning jõuõlg asendatuna öla jätkega järgmise lause: "Hoova korral peab hoova öla pikem jätke küll õige kaugele liikuma, kuid selle eest on lühema jätke kandejõud seda suurem" (3, lk 258).

Kui füüsikaterminis teha ka väikesed tähemuutused, ei ole tegemist enam sama mõistega. Näiteks füüsikast tuntud seoseenergia on muundunud sidumiseenergiaks fraasis: "Plahvatus pole midagi muud kui välkkiire põlemine, mis vabastab kogu energia, mis keha koos hoiab (keha sidumiseenergia)" (1, lk 119).

Tihti peale eelistatakse kasutada võõrkeeltest mugandatud laensõnu, selle asemel et võtta tarvitusele eestikeelseid sobivaid sünonüüme. Refleksioon peegeldumise asemel: "Kas teadsid, et sellist peegelpindade refleksiooni kasutatakse meditsiiniliste uuringute puhul?" (1, lk 67); konveksne ja konkavne kumer ja nõgusa asemel: "Ülemine osa on konkavsest lihvitud (sissepoole kumer), nii saavad lühinägelikud paremini kaugemale näha. Läätse alumine osa on lugemisläätsena konvekssest lihvitud (väljapoole kumer)" (3, lk 273); moderaator aeglusti asemel: "Moderaatorid on keemilised ained (näiteks süsinik, aga ka vesi), mis tuumareaktoris neutronite voogu pidurdavad" (3, lk 207); smog sudu asemel: "Mitmetes suurlinnades tekib autode heitgaaside tulemusel smog" (3, lk 191).

Keemiliste elementide ning ühendite puuduliku tõlke tulemusel esinevad tekstis sõnad siliitsium ("Üks kiht koosneb keemilisest elemendist siliitsiumist, teine siliitsiumist ja boorist" (3, lk 225)) ja hüdrokeenkarbonaat ("Selle tulemusel üleküllastub lahus CO₂-st, tekib lahustuv hüdrokeenkarbonaat või bikarbonaat ning lahus muutub jälle selgeks" (1, lk 148)). Eesti keeles tuntakse neid aga vastavalt räni ja vesinikkarbonaadi nime all.

Ilmselt on tõlkelist päritolu ka lause, kus pole mõistetud kõigi terminite sisu ning seetõttu öeldakse: "Peegliid on muide esemed pealispinnaga, mis valgust ei neela ega absorbeer" (3, lk 230). Eesti keeles võib uueks või senitundmatuks sõnaks pidada tegusõna voolustama, mis esineb lauses: "Enamasti kasutatakse kivisütt niinimetatud voolustamiseks": talletatud energia muundatakse elektrivooluks" (3, lk 162).

Ohtlik eksperiment

Viimasena toon välja üpris ohtliku eksperimendi, mis õpetab naatriumi abil lõbusat mullitavat peojooki valmistama. Katsekirjelduse lõpus mainitakse muuseas: "Naatriumi (keemiliselt oleks õigem öelda naatriumhüdrokeenkarbonaat) lisamisel vabaneb rohkem süsinikdioksiidi, mis mullitab mineraalvees ja ajab selle vahutama" (1, lk 151). Naatriumvesinikkarbonaati (söögisoodat) kasutades saab tõesti mullitava joogi. Kui aga naatriumi sellel otstarbel kasutada, tekib esmalt aset leidva tormilise reaktsiooni järel mõnusa joogi asemel tugev leelis, mille joomine mõjuks seedekulgale üsna hävitavalt.

Ülal sai esitatud ainult osa markantsemad näiteid avastatud eksimustest. Kes soovib kõigi leitud füüsikaliste vigade ja kommentaaridega tutvuda, leiab need Tartu Ülikooli koolifüüsika keskuse kodulehelt aadressil <http://www.physic.ut.ee/kfk/>.

Kasu asemel kahju

Eksimusi tuleb raamatutes ikka ette, kuid nende rohkust populaarteaduslikus kirjanduses ei tohi kahe silma vahele jätta, vastasel juhul võivad need tekkida väärrarusaamade tõttu kasu asemel kahju tekitada. Vigade põhjusi otsides võib ilmselt väita, et süüdi on enamasti

kas autori lünklikud teadmised või tõlki- ja ebapädevus antud valdkonnas.

Aimekirjandus kui žanr on juba iseenesest veaohhtlik. Aimeramatud on tavaliselt suunatud lastele või noortele, mistõttu kasutatakse lihtsat ning emotsionaalset keelt, nähtusi ja protsesse esitatakse lihtsustatud kujul. Nii emotsionaalne keelekasutus kui ka mudelite lihtsustamine sisaldab endas eksimise ohte. Samas on aimekirjandus siiski teaduskirjandus, kuigi lihtsamal kujul, mis eeldab aga konkreetsust ja täpsust.

Paljude vigade põhjustaja on ilmselt ka asjatundmatu tõlkimine. Mitte et tõlkijad oleksid kehvad, vaid teadusliku kirjanduse tõlkimisel peab olema kursis tõlgitava kitsa valdkonna ning selle terminoloogiaga. Autori vigade puhul on tõlkija käed seotud, sest algteksti ei tohi muuta.

Üks lahendus vigade vältimiseks: aimekirjanduse tõlkimisega tegelevad kirjastused peaksid kindlasti kaasama vastava eriala spetsialisti, kes orienteeruks terminoloogias ning suudaks lisada autoritekstile vajalikke kommentaare. Muidu täieneb raamatute hulk, mis on pealtnäha küll kasulikud, kuid tegelikult tekitavad väärrarusaamu ja segadust.

Vea äärmuslik näide analüüsitud raamatutes on keemiakatse, kus katsekirjelduses nimetatakse ühte ainet (naatrium), mõeldes tegelikult teist (naatriumvesinikkarbonaat). Sellise õpetuse kohaselt läbiviidud eksperimendi tagajärjed võivad olla saatuslikud.

Kirjandus

1. Bosch, G. 1000 põnevat eksperimenti. Tallinn, 2001.
2. Korrovits, V., Käämbre, H. Füüsika sõnaraamat 1, 2, 3. Eesti TA kirjastusosakond, 1992.
3. Lenz, N. 1000 küsimust ja vastust. Tallinn, 2001.
4. Riche, R. D. Misconceptions in high school physics, 2000.