

Arvutustehnika rakendamine füüsika õpetamisel

1. Sissejuhatus

Arvutustehnika kasutusvõimalused füüsika 'tegemisel, õppimisel ja õpetamisel:

- matemaatilised arvutused (Matlab, Maple, MathCad, Mathematica, Wiris). Wiris on veebipõhine vabavara, mille kohta on ka eestikeelseid materjale ning mille kohta viiakse eraldi läbi täiendõpet: kuidas seda kasutada matemaatika õpetamisel. Peale selle – spetsiifilisemad programmid üksikute arvutuste läbi viimiseks. Siia alla kuuluvad ka numbrilised arvutused mingite võrrandite ja nende süsteemide lahendamiseks; füüsikalisi protsesse iseloomustavate võrrandite lahendamised; viimaste aastakümnete jooksul üha enam rakendamist nõuavad Monte-Carlo meetodid arvutite abil: statistilised arvutused. Samuti ka analüütiliselt mittelahendatavate võrrandisüsteemide lahendamine. Neid kõiki nimetatakse ka simulatsioonideks. Selliste simulatsioonide lahendiks võib olla lõpuks algse objekti, matkitava situatsiooni matemaatiline kirjeldus. Siiski, ka teaduses on ikka enam levinud see, et sellele matemaatilisele kirjeldusele lisatakse otsa graafiline tugi, mis peaks näitava antud mudeli käitumist reaalsemas taustsüsteemis.
- Mõõtetulemuste kogumine, töötlemine, nende taasesitamine tabelite, graafikutena, seega mõõtetulemuste näitlikustamine. PASCO DataStudio. Pasco xPlorer kui interfeis, erinevad sensorid juurde. Vernieri Logger Pro, LabQuest-i interfeis. LabView – eelkõige elektrisüsteemide jaoks mõeldud simulatsioonide koostamise, mõõtmistulemuste saamise ja töötlemise vahend. SciLab, SciCos – vabavaralised numbriliste arvutuste ja simulatsioonide läbiviimise programmid. Ka tänapäevased digitaalostilloskoobid sisaldavad endas andmehõive ja -tötlusvahendeid, kuid on oma eesmärkide poolest spetsiifilisemad.
- Animatsioonide ja simulatsioonide koostamine füüsika nähtuste näitlikustamiseks. Animatsiooni kasutatakse näiteks elektrivoolu illustreerimisel: kerakujulised elektronid liiguvad juhtmes põrkudes vastu positiivseid aatomituumasid. Simulatsiooni korral peaks demonstreeritav mudel vastama matemaatiliselt mingilgi määral illustreeritavale nähtusele.
- Täiendavalt kasutatavad abivahendid – Powerpoint (ja selle animatsioonid), Smartboard jm.
- arvuti kasutamine virtuaalse laboratooriumina. Laiemalt on maailmas rakendatud astronoomia meedialaborit, kuid kasutada saab ka füüsika meedialaborit.
- Kui võtame arvesse ka arvuti kommunikatsioonivahendina, siis tuleks siin arvesse võtta ka erinevate arvutiprogrammide rakendusvõimalusi näiteks veebikonverentsiks – kaugloengud, salvestatud videoloengud.
- Tänapäeval peab arvestama ka veebiõpikute ja e-õpikute võimalusi ja uut kontseptsiooni. Õpik ei ole enam staatiline tekst või tekst koos piltidega. E-õpik peaks sisaldama nii teksti, pilte, hüperlinke, animatsioone, simulatsioone. Parimatel juhtudel, kasutades neid tahvelarvutitega, peaks võimaldama lisada ka kommentaare teksti juurde.

2. Simulatsioonid ja animatsioonid

2.1. Mudelid

Mudel – objekt, mis on kindlas vastavuses mingi teise objektiga (originaaliga), asendab seda tunnetamisel ja võimaldab selle kohta saada vahendatud andmeid.

Arvutustehnikas ning demokatsete juures tuleb silmas pidada, et üldjuhul, eriti arvutisimulatsioonide ja animatsioonide puhul, näidatakse mudelit.

Mudeleid kasutatakse, kui originaali uurimine on võimatu või raske. Samas, mudel peegeldab ja kajastab originaali kindlaid omadusi ja tahke. Näiteks silla mudel – vähendatud sild. Kuid võimaldab mõõta erinevates kohtades mõjuvaid pingeid. Teades, millises suhtes on originaali ja mudelit iseloomustavad erinevad füüsikalised suurused (mass, mudeli osade pikkused, mõjuvad jõud jne), võib mudeli abil prognoosida, millised jõud mõjuvad originaalile. Mudel võimaldab ka näitlikustada uuritava või analüüsitava nähtuse mingeid tahke ning tuua ühtesid tahke esile ja teisi maha suruda. Animatsioonides kujutatakse elektrivoolu metallis sageli punaste kerakeste (elektronide) liikumisena. Sellise animatsiooni demonstreerimise juures tuleb selgitada õpilastele, et see näitab vaid seda, et aatomituumad on paigal (tahkises) ning vabad elektronid liiguvad üldjuhul suunatult, kuid siiski pörgates omavahel ning vastu aatomituumi. Elektronid ei ole tegelikult nii suured ning nende kuju ei ole konkreetse piiriga keha.

Einstein: *mudel peab olema nii lihtne kui võimalik ja nii keeruline kui vajalik antud ülesande raames.*

J.W. Gibbs: *Kõigis tunnetusvaldkondades on teoreetiliste uuringute põhiprobleemiks leida vaatepunkt, milles uuritav nähtus paistaks lihtsaimal kujul.*

Samas, ei tohi ühtegi mudelit üle lihtsustada.

Murphy seadus: Igale keerulisele nähtusele leidub lihtne, vale seletus.

Mudeli koostamise etapid:

- 1) Probleemi püstitamine;
- 2) Oluliste muutujate väljatoomine;
- 3) Probleemi matemaatilise kirjelduse konstrueerimine;
- 4) Matemaatilise probleemi analüüsimine ja lahendamine;
- 5) Mudeli ja reaalsuse vastavusse viimine.

Nendest etappidest tuleb lähtuda ka õpilastele arvutisimulatsioonide ja animatsioonide demonstreerimisel.

2.2. Simulatsioonimudelid

Simulatsioonimudel on formaalne, st vormistatud mingis formaalses keeles uuritava süsteemi loogiline kirjeldus, mis arvestab tema elementide vahelisi seoseid ja mis arvestab süsteemile omaseid tingimuslikke seoseid ja mis võimaldab statistiliste eksperimentide läbiviimist.

Rakendused:

- Ei ole olemas uurimisülesande lõplikku püstitust ja toimub modelleeritava objekti tunnetamine;
- Süsteemis toimuvate protsesside iseloom ei võimalda neid analüütiliselt kirjeldada;
- On vaja jälgida süsteemi või tema komponentide käitumist mingi aja jooksul.
- Spetsialistide ettevalmistamine ja uue tehnika arendamine. Näiteks – lennusimulaatorite kasutamine õpetamisel. Samuti ohusituatsioonide läbimängimine.

Simulatsioon arvutimudeli mõistes – füüsikaliste protsesside või nähtuste uurimine, nende arengu ja dünaamika uurimine arvuti abil.

Koolis loodusainete õpetamisel on simulatsioonil järgmised eesmärgid:

- Käsitleva teema, valdkonna, nähtuste näitlikustamine. Siin rakendatakse tegelikult sagedamini animatsioone kui simulatsioone.
- Huvi tõstmine õppeaine vastu;
- Arvutisimulatsioonid võimaldavad protsessi kontrollida, seega õppuritel aktiivselt osaleda õppeprotsessil.

Kui on võimalik läbi viia reaalne (demonstratsioon)katse, peaks seda tegema; kui reaalse katse läbi viimine on keeruline või võimatu, peaks läbi viima simulatsiooni. Kõige parem, kui õppurid saaksid ise simulatsiooni läbi viia.

Miks kasutada animatsioone loodusteaduste õpetamisel üldiselt?

Animatsioonid võimaldavad illustreerida ja näitlikkustada mõisteid ja nähtusi, mis oleks muidu keerulised.

Näiteks:

- molekulaarsel tasandil toimuvad nähtused, näiteks lahustumine, sulamine, aurustumine, kristallvõre võnkumised ja defektid;
- väga lühikese või väga pika aja jooksul toimuvad protsessid, näiteks kontinentide triiv, planeetide liikumine, Browni liikumine;
- suure hulga muutujate väga kiire muutumine, näiteks läätse fookuskauguse muutus pildile. Reaalselt tähendaks see läätse vahetamist või läätse lihvimist õhemaks, kuid animatsiooniga on seda võimalik kiirelt teha;
- protsessid, mida me ei saa ise vahetult tunnetada, näiteks termotuumaprotsess, tuumade lõustumine, tähe teke jne.

Animatsioonid võivad sisaldada 3D-nähtusi ja mõisteid, näiteks molekulide kuju, kristallide kuju, Kuu ja Päikese varjutus, liikumine 3D-ruumis. 3-mõõtmeliste simulatsioonide demonstreerimisel 2-

mõõtmelisel ekraanil on üks probleem – mitte kõik inimesed ei suuda kahemõõtmelisi kujundeid kujutada ette kolmemõõtmeliseks. St, näiteks Päikesesüsteemi kehade liikumisel korral ei suuda ette kujutada, kuidas kehad liiguvad üksteise suhtes 3-mõõtmelises ruumis.

Animatsioone võib kasutada nähtuste võrdlemiseks – meioos ja mitoos.

Animatsoone võib rakendada mingi mõiste tutvustamiseks, näiteks erinevate valguse difraktsioon, aatomi ehitus; võib rakendada läbivõetud teema kokkuvõtmiseks. Samuti – näiteks erinevat värvi valguse difraktsioon.

Üldjuhul on animatsioonid paremad kui filmina tehtud animatsioonid, sest võimaldavad kasutajal muuta mingeid parameetreid, ise neid ette anda. Kasutaja saab muuta esituses järjekorda.

Tänapäeva õpilased on harjunud flash-rakendustega, youtube'i üles pandud videotega, neil on kergem neid omaks võtta, nendega manipuleerida.

Animatsioonide liigid:

- animeeritud gif-d (tegelikult on need järjestikuste gif-piltide kogumid);
- Javascript-s animatsioonid: veebilehtede koostamisel kasutatud java-keelne jupp.
- JavaApplet'd – nõuab arvutis Java toetust, see on tavaliselt browseriga koos installeeritud.
- Shockwave ja Flash-animatsioonid – neid saab kasutada, kui arvutisse on installeeritud Adobe Flash ja Shockwave Player'd.
- Html5-s kirjutatud simulatsioonid.

Enamus tahvelarvuteid ei võimalda mängida flash- ega java-simulatsioone. Java-keele turvalisuse probleemide tõttu tuleb sageli ka MS Windowsi ja Linuxi tarkvaraga arvutitel veebibrausereid eraldi seadistada, et neid näidata.

3. Simulatsioonid ja animatsioonid koolis

3.1. Simulatsioonide ja animatsioonide rakendamisest õpetamisel

Carl E. Wieman, Katherine K. Perkins, Wendy K. Adams. Interactive simulations for teaching physics: What works, what doesn't and why. American Journal of Physics. 2007.

Simulatsioonidel ja animatsioonidel on mitu erinevat taset. Lihtsaimad simulatsioonid on tegelikult animatsioonid, milles interaktiivne osa puudub. Keerulisemad Java- ja Flash-simulatsioonid võimaldavad juurde lisada vektoreid, lisajooni, ise midagi muuta. PheT-i simulatsioonid ja teised sarnased on pigem juba lühikeste arvutimängude juurde keerulisema ning mängulisema graafikaga. Selliseid simulatsioone saab lisada peale tunnis esitlemise ka koduste tööde juurde. Näiteks Physlet-d on just sellised – on ette antud erinevad tasemed – lihtne simulatsioon, uurimine ning probleemi lahendamine – küsimusele vastamine ja ennustamine.

Kas kõik simulatsioonid on efektiivsed ja millised simulatsioonid on efektiivsemad? Kuidas kasutada simulatsiooni efektiivselt? Need on seotud küsimused. Ka väga head simulatsioonid on ebaefektiivsed halva kasutuse korral. PheT-i simulatsioonide autorid ütlevad, et nende simulatsioonid on sellised, kus ei ole selget piiri nõ algaja ja edasijõudnu tasemete vahel. Edasijõudnud võivad leida midagi uut algajale mõeldud simulatsioonis ning samamoodi võib keerulisema taseme simulatsiooni kasutada algajate jaoks. Sageli on efektiivsuse mõjutajaks esitatavad küsimused – mida küsitakse simulatsiooni kohta enne ja pärast seda, milliseid probleeme peab õppur lahendama, milline on diskussiooni osa simulatsiooni mõtestamisel.

Miks on simulatsioon üldiselt hea? Nii nagu ka reaalne demokats, annab see täiendava võimaluse mingit nähtust, füüsika seadust lahti mõtestada. Samas – see on visuaalne informatsioon. Simulatsioon koos seletusega on efektiivsem kui lihtne seletus. Simulatsioon koos seletuse ning probleemiga, mida selle abil lahendatakse, on veel efektiivsem. Ja veel parem, kui õppur saab ise lahendada mingi probleemi simulatsiooni abil – muutes mingeid parameetreid kontrollides hüpoteese, valides õige vastuse. Näiteks PheT-i simulatsioonis gaasi omaduste kohta on pumbal juures – 'Pump to Handle' – annab kohe viite, mida teha. Fendt'i simulatsioonidel on kuulikesed, mida saab nihutada. Siiski, mitte kõigi simulatsioonide puhul ei ole ilmselge, kuidas midagi muuta ja kas üldse midagi muuta saab.

PheT'i Moving Man võimaldab ühelt poolt omandada seoseid kiirenduse, kiiruse ja asukoha vahel. Teisalt on sisse tulnud erinevad andmete esitamise viisid ja seos matemaatikaga – graafikud, vektorid. Juurde on lisatud mitmed erinevad mõõduvahendid, näiteks joonlaud, mis võimaldab ise mõõta, mitte vaadata vaid kusagilt kastikesest etteantud andmeid.

Alati ei pruugi kõik simulatsioonid hästi mõjuda. Kui midagi simulatsioonis on vastuolulist, nõuab eelnevaid teadmisi, mis on õpetajal, kuid ei pruugi olla õpilasel, siis selle info puudumine hakkab segama. Kui vajaminev info on vale, tulevad ka järeldused mittekorrektset.

Simulatsioonide nagu ka animatsioonide ja teiste arvutiga esitatavate andmete edastamisel tuleb jälgida samu nõudeid, mis esitatakse demonstratsioonkatsetele:

- simulatsioon peab olema hästi nähtav kõigile õpilastele;

- simulatsioon peab olema ühelt poolt võimalikult lihtne jättes kõrvale antud nähtuse jaoks mittevajaminevad detailid, teisalt piisavalt keeruline, et selgitada nähtust või seadust piisavalt täpselt;
- simulatsioonkatse ei tohi olla ka väga pikk. Üldreeglina võib katse pikkus olla suurem vanemates klassides ning lühem nooremates.
- Demonstreeritav nähtus peab hästi esile tulema.

Paljud simulatsioonid ei sobi tegelikult oma väiksuse tõttu suurel ekraanil näitamiseks – neid on võimalik hästi näha vaid ekraanile lähemal asuvatel õpilastel. See võib olla üldiseks probleemiks paljude simulatsioonide ja animatsioonide jaoks – need on antud arvuti jaoks ette teatava suurusega ning kui uuemate videoprojektorite ja arvutite ekraaniresolutsioon on suur, siis vanemad animatsioonid tunduvad ekraanil väiksena.

3.2 Simulatsioonid põhikoolis

Eesti Vabariigi Põhikooli riiklikus õppekavas on ette praktilised tööd ja IKT rakendamine järgmistel teemadel:

Valgusõpetus

- 1) läätsete ja kujutiste uurimine;
- 2) läätsete optilise tugevuse määramine;
- 3) täis- ja poolvarju uurimine;
- 4) valguskiire murdumist kinnitavate nähtuste uurimine;
- 5) värvuste ja värvilise valguse uurimine valgusfiltritega.

Mehaanika

- 1) keha ainelise koostise uurimine (tuntud ainete tiheduse määramine);
- 2) raskusjõu ja hõõrdejõu seose uurimine dünamomeetriga;
- 3) üleslükkejõu uurimine;
- 4) pendli võnkumise uurimine.

Elektriõpetus

- 1) kehade elektriseerimise nähtuse uurimine;
- 2) juhtide jada- ja rööpühenduse uurimine;
- 3) voolutugevuse ja pinge mõõtmine ning takistuse arvutamine;
- 4) elektromagneti valmistamine ja uurimine.

Soojusõpetus ja tuumaenergia

kalorimeetri tundmaõppimine ja keha erisoojuse määramine.

Mitmetel ülaltoodud teemadest on olemas väga häid simulatioone, mida sobiva töölehe korral saab kasutada füüsika meedialabori tegemiseks. Samas, näiteks keha tiheduse määramise korral on vaja läbi viia reaalsed massi ja keha mõõtmete määramised, mida ei asenda arvutiekraanil hiirega sõitmine. Sama kehtib ka keha erisoojuse määramise puhul.

Järgnevalt on toodud võimalikud demokatsed põhikoolis koos kommentaaridega.

Valgusõpetus

1) Valguse murdumine erinevates keskkondades:

a) http://www.walter-fendt.de/ph14ee/refraction_ee.htm

Valguse peegeldumine ja murdumine – mis on peegeldumisnurk, mis langemisnurk, kuidas sõltub murdumisnurk murdumisnäitajast. Võimaldab valida erinevaid keskkondi. Võimaldab demonstreerida ka täielikku sisepeegeldust.

b) <http://phet.colorado.edu/en/simulation/bending-light>

Võimaldab demonstreerida valguse peegeldumist ja murdumist mis on peegeldumisnurk, mis langemisnurk, kuidas sõltub murdumisnurk murdumisnäitajast. Võimaldab valida erinevaid keskkondi. Võimaldab demonstreerida ka täielikku sisepeegeldust. Lisaks 1) võimaldab lisada ka malli nurkade mõõtmiseks ning murdumisseaduse kehtivuse näitamiseks ning lisada tundmatu keskkonna, mille murdumisnäitaja leitakse murdumisseaduse abil mõõtes langemis- ja murdumisnurga malli abil.

Lisaks on võimalik lehel 'Prism Break' näidata nii liht- kui ka liitvalguse murdumist erinevates kujundites ja seega ka valguse lahutamist spektriiks.

Antud simulatsiooni saab kasutada ka iseseisvaks uurimistööks töölehe abil.

c) <http://mudelid.5dvision.ee/valgus/index.htm>

Eestikeelne simulatsioon koos eestikeelse valmis töölehega põhikoolis kasutamiseks.

2) Kujutise teke läätseades ja peeglites:

a) <http://webphysics.davidson.edu/applets/Optics/intro.html>

Simulatsioon võimaldab kasutada kujutiste tekkimiseks erinevaid kiiri, muuta läätsede fookuskaugusi või kumer- ja nõguspeeglite kõverusraadiusi ning näidata kujutise asukoha muutust sõltuvalt läätse või peegli parameetritest. Hea võimalus on ka apertuuri kasutamine – see näitab, et kuigi me võime näiteks läätse puhul panna eseme ja läätse vahele mingi ava, mis on väiksem kui eseme mõõtmed, siis tekkiva kujutise suurus ei sõltu ava suuruselt. Kiirtekimbu (beam) kasutamine demonstreerib, et tegelikult osaleb kujutise tekkel palju kiiri, mitte ainult need 3, mida üldiselt koolikursuses kujutise konstrueerimisel kasutatakse. Kuivõrd juurde kuvatakse ka erinevate punktide koordinaadis, siis võimaldab see arvutuslikult kontrollida, kas läätse valem ($1/f = 1/k + 1/a$) kehtib. Simulatsiooni puuduseks on tema 'väiksus'. Kui seda kasutada demokatsena, tuleb veenduda, et see oleks näha kõigile õpilastele.

b) https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_et.html

Simulatsioon võimaldab demonstreerida kiirte käiku ja kujutise tekitamist kumerläätses puhul, mille parameetreid saab muuta. Seda on võimalik teha koguekraanil. Lisaks eelmisele on võimalik kasutada virtuaalset joonlauda, mis luba sooritada meedialaborit antud katse kohta. Hea lisand on 'Teine punkt esemest' – see lubab näidata, et antud esemest lähtub tegelikult igast punktist mitu kiirt, mis moodustavad kujutise punkti.

Mõlema simulatsiooni puuduseks on erinevus reaalsusest – ei ole võimalik näidata, mida tähendab,

et 'kujutist ei teki' või et 'kujutis pole terav'. Kujutise (terava kujutise) tekkimist tuleb demonstreerida ikka tavaliste vahenditega.

Mehaanika

a) <http://mudelid.5dvision.ee/yleslyke/index.htm>

Üleslükkejõu demonstratsioon. Võimaldab ise ette anda nii vedeliku tiheduse kui ka sellesse asetatava keha massi ja ruumala ning prognoosida – mis vedelikku asetatud kehaga juhtub.

b) <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=449.0>

'Weight of an immersed object in liquid' – võimaldab demonstreerida üleslükkejõudu kasutades virtuaalseid dünamomeetreid.

c) <https://phet.colorado.edu/et/simulations/category/physics/motion>

Väga palju erinevaid katseid mehaanikast, ja erinevat tüüpi jõududest. Samuti kiiruse ja kiirenduse kohta.

d) <http://www.tandftechnology.com/Physics/Programs/Labs/ForceFriction/index.html>

Demokatse ja virtuaalne labor hõõrdejõu uurimise kohta. Antud simulatsioon on kirjutatud html5-s, st seda saab vaadata ja katsetada ka tahvelarvuti ning mobiiltelefoni abil.

Elektriõpetus

Elektrivool:

– <http://faraday.physics.utoronto.ca/IYearLab/Intros/DCI/Flash/WaterAnalogy.html>

– <http://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc>

– <http://www.walter-fendt.de/ph14e/combres.htm>

Elektrilaeng, vastastikmõju, elektriväli jne (physlets in the second semester -> charge, charging, Coulomb's law):

<http://physics.bu.edu/~duffy/classroom.html>

Mäng elektrilaengute vastastiktoimete kohta:

http://phet.colorado.edu/new/simulations/sims.php?sim=Electric_Field_Hockey

Ohmi seadus, näitab voolutugevuse ja pinge omavahelist seost ning nende seost takistusega. Muuta saab pinget ja takistust ning suurenevad/vähenevad ka valemite vastavate tähistuste fondisuurused (hästi märgatav):

http://phet.colorado.edu/new/simulations/sims.php?sim=Ohms_Law

Ühe või kahe punktlaengu tekitatud elektriväli (Electric field from a point charge):

Elektroskoop:

<http://www.shep.net/resources/curricular/physics/P30/Unit2/electroscope.htm>

Soojusõpetus ja tuumaenergia

a) <https://phet.colorado.edu/et/simulation/states-of-matter-basics>

Võimaldab demonstreerida, mille poolest erinevad tahkis, vedelik ning gaas, kuidas toimuvad üleminekud ühest agregaatolekust teise. Samuti on võimalik näha, et ka siis, kui põhiosa ainest on vedelas olekus, võib osa olla gaasilises (auruna). Sobib hästi just demokatseks, kuivõrd midagi ise mõõta ei ole võimalik.

b) http://tutor-homework.com/Physics_Help/specific_heat_temperature.html

Soojuslikud protsessid kahe keha kokkupuutel, täpsemalt – vette asetatud keha korral. Võimaldab demonstreerida, kuidas muutub erinevate kehade temperatuur nende kokkupuutel. Tegemist on soojusülekanne ülesande näitlikustamisega.

c) <https://phet.colorado.edu/et/simulation/beta-decay>

Tuumade beetalagunemise demonstratsioon.

d) <https://phet.colorado.edu/et/simulation/alpha-decay>

Tuumade alfa-lagunemise demonstratsioon.

Veel mõned simulatsioonide lehed:

<http://webphysics.davidson.edu/> -

<http://mudelid.5dvision.ee>

<http://phet.colorado.edu>

<http://www.fyysika.ee> – viited paljudele eesti keelde tõlgitud simulatsioonidele

<http://www.thephysicsfront.org/index.cfm>

3.2. Java- ning Flash-põhised simulatsioonid ja animatsioonid põhikoolis

Lingid:

Flash-animatsioonid

<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/>

Mitmed animatsioonid, mis nõuavad õpetaja inglise keelset kommentaari. Sobivad nähtusi ilmestama, täiendavalt illustreerima. Animatsiooni käigus ei ole võimalik suurt midagi muuta. Ei

ole sobivad meedialabori läbiviimiseks.

<http://www.physicsclassroom.com/mmedia/>

Animatsioonid, milles näha ka see, kuidas elektronid ja laengud liiguvad. On näha elektrostaatiline induktsioon.

Walter Fendti füüsika simulatsioonid.

<http://www.walter-fendt.de/ph14ee/>

Java-põhised simulatsioonid. Eesti keeles.

<http://accudesigns.com/>

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/>

Soojusõpetus

Keemine:

<http://ippex.pppl.gov/interactive/energy/boilwater.html>

Soojusülekanne:

<http://www.seed.slb.com/en/scictr/watch/bathroom/toohot.htm>

Tahkis:

<http://www.hal-pc.org/~clement/Simulations/Physlets/Molecular%20Pius/Solid.html>

Sulamine:

Ice Cube Melting Simulation

<http://homepages.nyu.edu/~pyh207/>

Keskkond:

http://phet.colorado.edu/new/simulations/sims.php?sim=The_Greenhouse_Effect

http://www.seed.slb.com/en/scictr/watch/climate_change/anim/greenhouse/index.htm

Aineosakeste kiiruse ja temperatuuri seos:

<http://zebu.uoregon.edu/nsf/balloon.html#BB>

<http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/thermochem/equilibrium-v1.html>

Soojenemine:

<http://phet.colorado.edu/new/simulations/sims.php?sim=Microwaves>

Termomeeter:

http://www.edumedia-sciences.com/a276_12-fahrenheit-celsius-kelvin.html

Browni osakeste liikumine:

http://www.edumedia-sciences.com/a247_12-brownian-motion.html

Elektriõpetus

3.3. Java- ja Flash-põhised simulatsioonid ja animatsioonid gümnaasiumis

Kaasaegne füüsika

http://www.fyysika.ee/appletts/ph14ee/timedilation_ee.htm

- Erirelatiivsusteooriast. Demonstreerib aja kulgemise erinevust valguse kiirusele lähedastel kiirustel. Saab muuta liikuva süsteemi kiirust.

http://www.fyysika.ee/appletts/ph14ee/photoeffect_ee.htm

Fotoefekt. Saab muuta katoodi materjali, langeva valguse lainepikkust ja katoodile antavat positiivset sulgemispinget.

http://www.fyysika.ee/appletts/ph14ee/bohrh_ee.htm

Bohri aatomimudel.

http://www.fyysika.ee/appletts/ph14ee/lawdecay_ee.htm

Radioaktiivne lagunemine. Lagunenud/lagunemata osakeste arv, seda kirjeldav graafik ajateljel.

<http://www.myphysicslab.com/molecule2.html>

Kaheaatomilise molekuli simulatsioon. Saab valida aatomite suhtelisi masse, nende vaheliste jõudude iseloomu.

<http://physics.uwstout.edu/physapplets/javapm/java/atomphoton/index.html>

Valguse neelamine/kiirgamine. Demonstratsioon.

http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/brownian/brownian.html

Browni liikumine. Demonstratsioon.

http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/periodic/periodic_ita.htm

Interaktiivne Mendelejevi tabel.

<http://www.ae4rv.com/games/nuke.htm>

Kontrolli tuumaelektrijaama. Mäng.

3.4. Teised simulatsioonid

Peale veebipõhiste Java- ning Flash-põhiste simulatsioonide on viimaste aastate jooksul arendatud ka firmas Wolfram *Mathematica* kõrval ka demonstratsioonkatseid, mille rakendamiseks on vajalik Wolfram CDF-playeri olemasolu. Demonstratsioonkatsed on üldjuhul interaktiivsed, võimaldavad muuta mitut parameetrit. Kuigi CDF-player on olemas Windows-i, Linuxi ning Mac operatsioonisüsteemide arvutite jaoks, siis Androidide jaoks siiani mitte.

Näited rakendustest:

Gümnaasium, soojusõpetus, soojusmasinad.

<http://demonstrations.wolfram.com/SimpleStirlingEngine/>

Demonstreerib lihtsa soojusmasina – Stirlingi mootori peal mootori töötsükli osasid. Võimaldab arvutada tehtud tööd. Soovitav on näidata kas reaalselt Stirlingi mootorit või youtube'st mingit näidet selle kohta, mis on Stirlingi mootor ja kuidas see töötab.

Optika. Valguse murdumine.

<http://demonstrations.wolfram.com/ReflectionAndRefractionOnAFlatSurfaceBetweenTwoDifferentMate/>

Sarnane simulatsioon on tegelikult ka näiteks Fendti kodulehel.

Mehaanika. Energia jäävus.

<http://demonstrations.wolfram.com/ConservationOfEnergyWithASimplePendulum/>

Näitab lihtsalt, kuidas kineetiline energia muutub potentsiaalseks energaks ja vastupidi matemaatilise pendli näitel. Kuigi visuaalselt on energia muundumine tulpade kasvamise ja kahanemisega hästi kujutatud, siis võiks antud juhul olla parem, kui saaks paralleelselt vaadata ka seda, kuidas see arvuliselt muutub, kuidas maksimaalne potentsiaalne ning kineetiline energia sõltuvad ka pendli maksimaalsest kõrgusest.

<http://demonstrations.wolfram.com/ThePrincipleOfArchimedes/>

Üleslükke jõu demonstratsioon. Hea simulatsioon ka ses mõttes, et näitab mõjuvate jõudude vektoreid. Antud simulatsioon sobib tavalise demonstratsioonkatse lisaks kuivõrd täiendavalt tavalisele jutule saab juurde näidata, kuhu mõjuvad raskusjõu, kuhu üleslükkejõu vektorid ning mis on mõjuv resultantjõud.

<http://demonstrations.wolfram.com/BlockOnAFrictionlessInclinedPlane/>

Hõõrdevabale kaldpinnale asetatud kehale mõjuvad jõud. Näitab ilusti jõudude liitmist ning resultantjõudu.

Elekter ja magnetism.

<http://demonstrations.wolfram.com/LinesOfForceForTwoPointCharges/>

Elektrivälja jõujoonte demonstratsioon. Välja jõujoon on õpilaste jaoks abstraktne mõiste – milline on see ühe, milline mitme laengu korral. Antud demonstratsioon võimaldab seda selgitust mõnevõrra lihtsustada.

<http://demonstrations.wolfram.com/ChargedParticleInAConstantElectricFieldProducedByTwoPlates/>

Laetud osakese liikumine kahe plaadi vahele tekitatud homogeenises elektriväljas. Võimaldab selgitada ka seda, kuidas kalduvad elektronid kõrvale kineskoopkuvaris (kui keegi neid veel näinud on).

Kaasaegne füüsika.

<http://demonstrations.wolfram.com/ThePhotoelectricEffect/>

Fotoelektrilise efekti demonstratsioon.

4. Füüsika ja astronoomia e-laborid

4.1. Meedia-laborid füüsikas

Meedialaborit nimetatakse ka virtuaalseks laboriks.

Koolifüüsika eksperimentide üheks eesmärgiks on (eluta) looduse, ümbritseva keskkonna, looduses valitsevate seaduspärasuste kohta informatsiooni saamine ning seaduspärasuste kehtivuse kinnitamine. Kuid samavõrd oluline on ka näidata, kuidas informatsiooni kogutakse, liigitatakse, analüüsitakse, seega – kuidas teaduslik teadmine kujuneb. Eksperimentide oluliseks eesmärgiks, mida enamasti eesmärgina kirja ei panda, on ka katsetamis- ja vaatlusoskuse kujundamine, katseriistade kasutuse õppimine ning ka õige andmetöötlusoskuse kujundamine.

E-laborite korral katseriistade kasutust arendada ei saa, ka vaatlustingimused on e-laborite korral ideaalsed. Juhuslike kõrvalekallete tekitamine on keeruline ning ideaalseid katseandmeid on märksa lihtsam saada kui reaalse katsete korral. Näiteks kehade liikumisseaduste uurimise korral võib ka arvutisimulatsioonis ette anda hõõrdeteguri ja takistusteguri – ning see on muutumatu siis kõigil antud simulatsiooniga läbi viidud katsete korral. Reaalse katse puhul ei pruugi pind olla igalt poolt ühtlaselt sile või kare ning seetõttu võib sama algkiiruse korral keha liikuda erinevate katsetuste korral pisut erineva kiirendusega. See viib kokkuvõttes juhuslike vigadeni, mida andmeanalüüsiga saab tuvastada. Selliste vigade tekitamine arvutisimulatsioonis, mida kasutada e-laboris, on oluliselt keerulisem.

Siiski on ka e-laborid kasutatavad arvutustehnika olemasolul füüsika edukaks õppimiseks, eriti täiendavalt tavalistele laboritele. Selle eeliseks on odavus, võimalus internetist kõikjalt ligipääseda ja seetõttu saab e-labori läbiviimist jätta ka õpilastele koduseks ülesandeks.

Milline peaks olema e-labori juhendi ülesehitus? See peaks olema sarnane tavalisele laborijuhendile.

1. Eesmärk või eesmärgid. Eesmärk peab olema sõnastatud lähtuvalt õppurist. Näiteks:

Ohmi seaduste tundmaõppimine (mitte – Ohmi seaduste õpetamine).

Optilises süsteemis kujutiste konstrueerimise oskuse omandamine.

2. Lühike teooriaosa. Enne laborit tuleb meelde tuletada vajaminevad seaduspärasused, valemid, definitsioonid.

3. Töö käik. Viimastel aastakümnetel on ka eestis tavaks, et töö käigu erinevad etapid nummerdatakse. Ükski etapp ei tohi olla üle 2-3 lause pikk. Vähemalt mitte üldhariduskooli tööjuhendites. Samas ei tohiks olla ka väga palju erinevaid etappe. Töö peab olema õppurile hoomatav ka tervikuna – tunni lõppedes peab olema arusaam, kust alustati ja miks ning kuhu on lõpuks välja jõutud.

4. Arvutused, ennustused. Sõltuvalt töö eesmärgist ja üleehitusest võib see olla ka enne töö käiku. Näiteks – siin leitakse vastavalt Ohmi seadusele takistused, pinged, voolutugevused jadaahelas, virtuaallaboris aga kontrollitakse neid nõ mõõtmiste abil.

5. Kokkuvõte. Järeldused. Järelduste formuleerimine ei ole sageli kerge ülesanne.

K.-W. Lai, F. Khaddage, G. Knezek. Blending student technology experiences in formal and informal learning. J. of Computer Assisted Learning. **29**, 5, 2013.

Tänapäeval kasutavad lapsed ja õpilased IT vahendeid suurel hulgal. USA-s on hinnatud, et umbes 4,5 tundi päevas võib kuluda arvutustehnika kasutamisele, sellest enamus kodus. Umbes 1,5 tundi kulub sõpradega sõnumite vahendamisele (erinevad kommunikatsioonikanalid), 1,5 tundi häälsõnumitele – telefonikõned, videokõned jmt, 1,5 tundi youtube-s ja mujal vaadates videosid ja muud huvitavat. Enamus kuulub sellest informaalse õppimise alla. Kui tehnoloogia koolis jääb maha kodus kasutatavast, siis tekib tehnoloogiline dissonants.

Tuleb otsida välja – mis on IT rakendamises jäävat, mis kehtiks ka 5 aasta pärast (10 on vist liiast loota), mida saab praegu õpetada ja mis jääks ka üliõpilastele koolis kasutamiseks. Siit – avatud platvormid – soov ise end piisavalt täiendada. Õpetamisinfo vahetamine – kuidas kasutada, miks kasutada, millised on ohud – ajakirjade lugemine.

Uus õpiökoloogia.

Mõtteeksperiment.

- **Mõistekaart.** Hyperphysics kui mõistekaardi arenenuim tase. Kuidas siduda mõisteid, teooriaid, seadusi omavahel, kuidas neid siduda ümbritsevate nähtustega, kuidas tehnoloogiaga. Kuidas nähtustest midagi uut välja arendada? Miks on see mõistekaart vajalik just näiteks arvutustehnika rakendamisel? Küsimus: kas ja kuidas saab Cmap-i rakendada füüsika õpetamisel koolis (kui klassis on 36 õpilast)?

Vajalik on arvutiklassi kasutamine.

- **Arvutustehnika rakendamine mõõtmistel.** Millised on AD-muundurote poolt tekitatavad vead? Kas ja kuidas saab IT-l tuginevaid mõõtevahendeid rakendada füüsikalistel täpsetel mõõtmistel? Kuidas saab seda rakendada koolis frontaalse katse läbiviimisel? - kas see on üldse võimalik? Kuidas saab arvutustehnikat rakendada demonstratsioonkatsete juures → nõuded eksperimendile (nähtavus, ilmekus, katse peab alati välja tulema). Miks ja kus rakendada arvutustehnikat demonstratsioonkatsetel: arvutustehnika eelised: programm teeb palju mõõtmisi korraga, st on võimalik ka lühikese katse korral saada palju mõõtetulemusi; reaajas graafiku joonestamine; automaatne andmetöötlus