



Ülevaade uusimatest STEM tehnoloogiatest ja rakendusvõimalustest klassiruumis

Autorid: Belén López, Rafael Marín, Laura Rubio, David Segarra (FCRi) with the kind assistance of
Martí Badal



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
KONSOLIDEERITUD TEHNOLOOGIAD	4
PROGRAMMEERIMINE	4
ROBOOTIKA	6
KAUGJUHTAVAD VIRTUAALSED LABORID	9
HARIDUSLIKUD VIDEOMÄNGUD	12
(KULUEFEKTIIVSED) EKSPERIMENDID	15
UUED TEHNOLOOGIAD.....	18
3D PRINTIMINE.....	18
OPTIKA JA FOTOONIKA.....	20
NANOTEHNOLOOGIA	23
LISA	26
LISA 1	26



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

SISSEJUHATUS

sySTEAM Projekti peamiseks eesmärgiks on kasvatada STEAM hariduse kasutamist, mis kindlustab uurimis põhise, projektipõhise, probleemipõhise ja valdkondadevahelise kvaliteetse ja sujuva õppe juurutamise.

Antud raport, mis käsitleb kõige moodsamate olemasolevate ja uute tehnoloogiate kasutamist klassiruumides, on esimene samm selle eesmärgini jõudmisel.

Valik tehnoloogiaid, mida me siin esitleme, hõlmavad piisavalt laia valikuvõimalust, nii et iga kool leiab kindlasti need rakendused, mis nende vajadustega kõige enam sobivad. Kõne all olevad tehnoloogiad on ülemaailmselt erineva küpsusastme ja arengutasemega (seetõttu on need klassifitseeritud kui 'konsolideeritud' või 'uued') ning neid peetakse sobilikeks nende võime tõttu aktiveerida valdkondadevahelisi STEM projekte.

Iga tehnoloogia osas on analüüsitud mitmesuguseid aspekte: tööpõhimõtte, ajalooline taust, praktilised rakendused, hariduslik seos ja praktilised näited. Kavatsuseks on olnud anda üldine ülevaade selleks, et aidata teaduste õpetajatel ettevalmistada tuleviku tarbeks loovamaid, probleemide lahendamise oskuste ja kriitilise mõtlemisega õpilasi.

Antud raportile järgneb teine, mis pakub selliste tehnoloogiate klassiruumi juurutamiseks sobilike juhiste kogumit.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

KONSOLIDEERITUD TEHNOLOOGIAD

PROGRAMMEERIMINE

Programmeerimisoskustel on kodanike arengu juures kindel mõju mitmes võtmetähtsusega valdkonnas nagu eetika ja kriitiline mõtlemine, probleemilahendussuunitlus, digilõhe ületamine ja töajõuturu väljavaadete parendamine.

Koostöös Jordi Losantos'e (arvutiinsener Kataloonia Tehnikaülikoolist – UPC; MBA kraad ESADE Business School'ist ja põhikooliõpetaja) ja Joan Alemany'ga (lõpetanud matemaatika teaduskonna Kataloonia Tehnikaülikoolis – UPC; eSeeCode kaasasutaja ja keskkooliõpetaja).

Aluspõhimõte

Informaatikas peame me *programmeerimise* all silmas tegevust, mis tõlgib arvutikeelde seeria varem kujundatud juhiseid (algoritmid) selleks, et töödelda andmekogumit mingil kindlal otstarbel.

Mistahes programmeerimisstrateegia eeldab eelnevat lahendamisel oleva probleemi modelleerimist kohaldades selleks arvutile omast mõtlemist. See nõuab sügavat probleemianalüüsi ja ülevalt alla kujundatud protsessi kasutamist, mis eraldab võimalikud lahendused automatiseeritud protsessides.

Arvutirakenduse programmeerimine põhineb loogikal, järjestikuste protsesside tundmisel ja vastava programmeerimiskeele kindlate süntaksite õigel kasutusel. Seetõttu võid sa kirjutada valmis programmi teadmata lõpuni, millisel riistvaral seda kasutama hakatakse.

Programmeerimise ajalooline taust

Programmeerimine kui selline arenes 20. sajandi Euroopas ja ennekõike Ammerika Ühendriikides seoses Teise Maailmasõja ajal kasutuses olnud suurte elektrooniliste arvutusmasinatega (nagu ENIAC, esimene arvuti). 20. sajandi lõpuks ilmusid need nähtavale koos mikroelektronika ja esimeste kõrgetasemeliste programmeerimiskeeltega.

BASIC, Fortran, Pascal pakuvad mõistliku liidese vahendamaks pseudo-inimkeelt ja masinkoodi. Tänapäeval sisaldavad kõige enam kasutatavad programmeerimiskeeled —C++, JavaScript, Python, PHP— suurt hulka funktsionaalsusi, mis võimaldavad kirjutada terveid arvutiprogramme kasutades vaid mõningaid koodiridu.

Viimase aja trend programmeerimiskeelte disani juures on koodis olevate jäikade süntaksite minimeerimine koos väga visuaalsete ettepanekute kuvamisega, mis tavaliselt põhinevad interaktiivsetel plokkidel, mis asetavad suuremat rõhku programmi loogilisele struktuurile ja vähem süntaksite korrektsusele. Scratch, Swift Playgrounds ja GPBlocks on siinkohal headeks näideteks. Kuigi neid kasutatakse laialdaselt pedagoogiliste mudelitena, on nad ka tõeliselt kõrgetasemelised keeled, mida saab kasutada selleks, et programmeerida suure jõudlusega rakendusi.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

Praktilised rakendused igapäevaelus

Programmeerimisoskused on enam kui lihtsalt mõne uue keele tundma õppimine. Eksperdid on ühisel arvamusel, et kõige olulisem idee seisneb arvutusliku loogika omaksvõtmisel, tehnoloogilistel teadmistel ja probleemianalüüsis.

Maailmas, kus me oleme üha suuremates (ja lähedasemates) suhetes kõikvõimalike tehnoloogiliste elementidega, rohkem või vähem keerukamatest masinatest kuni komplitseeritud tarkvarani, annavad teadmised programmeerimisest meile tööriistad selleks, et paremini mõista ja kasutada, näiteks, mobiilseid seadmeid, professionaalseid arvutusrakendusi, sotsiaalmeediat või isegi nutiseadmeid.

Viimane punkt on eriti oluline ja see viimase aja trend, mis ühendab kõikvõimalikud seadmed ja vormib niinimetatud Asjade Interneti (AI), esitab suuri väljakutseid privaatatsusele ja isikuandmete töötlemisele. Seetõttu võimaldab see arendada selliseid tehnoloogiaid, mis põhinevad suurte andmekogumite analüüsil, teisisõnu *Big Data* (ehk suured andmed), mille tööriistu ilmselt jooksub tehisisintellekt.

Seetõttu on programmeerimisoskustel kodanike arengu juures kindel mõju mitmes võtmetähtsusega valdkonnas nagu eetika ja kriitiline mõtlemine, probleemilahendussuunitlus, digilõhe ületamine ja töajõuturu väljavaadete parendamine.

Hariduslik seos

Haridusmaastikul on vajadus õpetada noortele arvutiprogrammeerimise baasoskuseid sama vana nagu programmeerimine ise. Üks esimesi süsteeme, mis võeti koolide poolt omaks, oli Logo (aastast 1967), olles peale mitmeid uuendusi jätkuvalt üheks hariduslikuks tööriistaks, mis koondunud ikoonilise kilpkonnamärgi alla. Kuigi mitmed eksperdid tunnistavad, et koolide madal investeerimisvõimekus riistvarasse tänu Euroopas aset leidnud 90-ndate majanduskriisile on hoidnud programmeerimisoskute õpetamise enamasti akadeemilise õppekava välisena. Alles uue sajandi saabudes, kasutades ära Euroopa majanduskasvu aastatel 2004-2008, hakkasid arvutioskuste edendamise programmid koolides pead tõstma. Programmeerimine naaseb haridustee algusstaadiumisse ning madalamad riistvara ostukulud koos hea graafikavõimekusega muudavad populaarseks Scratch'i kui standardse visuaalprogrammeerimise keele (arendatud aastal 2015 ja osaliselt saanud inspiratsiooni Logo'st). See programmeerimissüsteem, mis põhineb pigem interaktiivsete plokkide käsitlemisel ja mitte koodiridade kirjutamisel, vähendab frustratsiooni, mis tekib süntaksite poolt domineeritud keele kirjutamisel ja mis lubab õpilastel jälgida oma programmide tulemusi igas situatsioonis. Selles paradigmas sünnivad ka teised keeled (Swift, GBlocks, eSeeCode või Tynker), mille eesmärgiks on parandada teatud omadusi, mis pole veel Scratch'is lahendust leidnud.

Tänapäeval on programmeerimine üks osa arvutioskustest ja uusi tehnoloogiaid on hariduse igas staadiumis kaasatud akadeemilisse õppekavasse enamikes Euroopa Liidu liikmesriikides pidades seda üheks võtmeoskuseks tulevikukodanike väljaõppes. Täpsemalt, programmeerimine hariduse alg- ja kesktasemel kasutab mitmeid allolevaid valdkondadevahelisi oskusi laste ja noorte haridusalases arengus:

- Kriitiline ja loogiline mõtlemine
- Probleemilahendamisoskus
- Strateegiate juurutamine
- Algoritmide analüüs ja hindamine



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

- Abstraktne mõtlemine
- Loov lähenemine reaalsusele
- Meeskonnatöö (suurtes projektides)

Praktilised näited

Ekspertid on ühisel nõul, et ei ole ühte õiget viisi õppimaks programmeerimisoskuseid ning õpilased arendavad neid vastavalt vajadusele. Seetõttu on kõige olulisem, et õppele lähenetakse loovalt. Kontseptuaalselt on õige pigem “Programmeerida, et õppida” mitte “Õppida programmeerima”.

LIHTSATE MÄNGUDE LOOMINE

Programmeerides lihtsat mängu nagu Domino või Solitaire või ka mõnda keerukamat platvormil põhinevat mängu, seisavad õpilased silmitsi mitmesuguste väljakutsetega, mida tuleb käsitleda rakendades programmeerimisstrateegiaid vastavalt probleemialüüsile. Need väikesed mängud võimaldavad õpilastel mitte ainult programmeerimisoskuseid arendada, vaid ka kunstilist poolt (graafiline disain) ja kirjanduslikke omadusi (kirjutades mängijale juhendeid).

VEEBILEHE EEST HOOLITSEMINE

Paljud õpetajad STEM valdkonnas julgustavad õpilasi hoolitsema klassi ühise veebilehe eest, mis sisaldab erinevat infot antud akadeemilise kursuse kohta. Seda saab kasutada selleks, et töötada erinevate keeltega, millega veebileht seotud on, nagu HTML, CSS, PHP või JavaScript, et need veebilehele integreerida ja anda sellele omanäoline välimus. Loomulikult tuleb selle käigus tegeleda ka selliste tegevustega nagu kujundus, sisukirjutamine ja kommunikatsioon.

Allikad

Alemany, J., Vilella, J. (2016) “eSeeCode: Creating a Computer Language from Teaching Experiences”. Olympiads in Informatics, 2016, Vol. 10, pp. 3 – 18. IOI, Vilnius University.

Allalaaditav aadressilt: http://www.ioinformatics.org/oi/pdf/v10_2016_3_18.pdf

European Schoolnet (2015) “Computing our future”.

<http://www.allyouneediscod.eu/documents/12411/67232/Computing/71653b80-4aa1-4ca1-889d-23e9ad618f7d>

Ford, Melissa (2017) “Coding across the curriculum”. <https://www.edutopia.org/article/coding-across-curriculum>

ROBOOTIKA

Robootika rakendamine klassiruumis võimaldab meil töötada nende aspektide kallal, mida vaid teoreetiliste skeemidega on raske käsitleda.

Koostöös Jordi Losantos’ega (arvutiinsener Kataloonia Tehnikaülikoolis – UPC; MBA kraad ESADE Business School’ist ja põhikooliõpetaja), Joan Alemany (lõpetanud matemaatika teaduskonna Kataloonia Tehnikaülikoolis – UPC; eSeeCode kaasasutaja ja keskkooliõpetaja) ja Frank Sabaté’ga (kooliõpetaja, kes on spetsialiseerunud STEM meetodile).

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Aluspõhimõtted

Robotika on valdkondadeülene ala, mis tegeleb robotite kohta õppimise, kujundamise, ehitamise ja rakendamise. Kontseptuaalselt pärineb see samast ideest nagu robot ise, kuigi *roboti* ja *robotika* terminite kasutuselevõtul on erinev ajalooline taust.

Tänu oma loomumomasele multidistsiplinaarsusele, põhineb robotika paljudel põhimõtetel. Ühest küljest rajaneb see programmeerimisel ehk roboti protsesside ja tegevuste kodeerimisel. Kogu sensori poolt tuvastatud informatsioon töödeldakse arvutuslikust vaatepunktist lähtuvalt. Teisest küljest, kuna robot on füüsiline seade, on tema ehituses kesksel kohal inseneriteaduse, elektroonika ja mehaanika põhimõtted.

Robotika ajalooline taust

Praegu ei ole olemas ühtset definitsiooni selle kohta, mis asi on robot. Kuigi eksperdid on ühel nõul, et robot on mistahes osa masinaehitusest, mis on programmeeritav arvuti abil ning on võimaline sensorite abil koguma informatsiooni ümbritsevast keskkonnast ning vastama neile tänu kogumile automatiseeritud täiturmehhanismidest. Seega on oluline teha vahet autentsel robotil ja automatiseeritud tarkvaral (tuntud kui „bots“ ingl k), mida ei peeta otseselt robotiteks, kuigi need võivad olla väga keerukad.

Ajaloolisest vaatepunktist võime heita pilgu legendidele, mis pärinevad klassikalisest Kreekast või iidsest Hiinast, milles räägitakse animeeritud mehaanilistest loomamudelitest või siis Juudi traditsioonist pärinevatest golemitest, või automaatidest (isetoimivatest seadmetest): meelelahutuslikud masinad, mis olid väga populaarsed Euroopas 19. sajandil. Kuid neil konstruktsioonidel pole kohanduvat vastust oma keskkonnale.

Termin *robot*, mis on seotud tehislake olenditega, ilmutas end 1920. aastal näidendis “R.U.R.” (akronüüm *Rossumovi Univerzální Roboti*), mille autoriks on tšehh Karel Čapek. Tema näidendis on tegelased nimega *roboti* (tulenevalt slaavi sõnast *robota*: sunnitöö) tehislilikud inimeste teenijad, kes lõpuks hakkavad määsama ning hävitavad kogu inimkonna. Kuigi Čapek'i näidendis ei ole need teenijad mehaanilised olendid (täna kutsuksime me neid androidideks või kloonideks), võeti sellest hetkest alates nimi *robot* kasutusele kui tänapäevane versioon klassikalisest automaadist ehk isetoimivast seadmest.

Jätkates sama teemat ja rääkides termini *robot* kasutuselevõttust, siis aastal 1941 ilmus *robotika* mõiste tänu Ameerika novelistile ja biokeemia professorile Isaac Asimov'ile. Neologism, mida mainiti esmakordselt lühijutus nimega “Liar!” (*Valetaja*, avaldatud ajakirjas *Astounding Science Fiction*), on laialdaselt kasutuses kogu tema hilisemas kirjanduslikus loomingus, mis oli pühendatud uurimaks tehisintellekti piire ja selle mõju tuleviku inimühiskonnale.

Praktilised rakendused igapäevaelus

Vastavalt EL raportitele Robotikast, omaksid selle valdkonna arengud positiivset mõju mitmes vallas:

- **Tervishoiule** läbi abistavate kirurgiliste seadmete ja vanainimestele mõeldud seadmete ja/või funktsionaalse mitmekesisuse arenemisel.
- **Põllumajandusele ja bioökonomiale** läbi automatiseeritud külvamise, viljakoristamise ja saagi jälgimise.
- **Energiasäästule** arendades efektiivsemaid ja väiksema saastatusega tootmissüsteeme.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

- **Transpordile ja jaekaubandusele** läbi autonoomsete sõidukite ja ladude arendamise.
- **Julgeolekule** abistades ja kaitstes kodanikke riskantsetes oludes nagu päästetööd ja ekstreemolukorrad.

Hariduslik seos

Haridusmaastikul arendati 80-ndatel kilpkonnarobotid, mida seostati Logo programmeerimiskeelega. Hiljem, 90-ndate lõpupoole, esitles Lego-ettevõtte *Cybermaster* roboteid, mis arendati koolides kasutamise eesmärgil, mida uuendati kuni *Mindstorms* NXT 2006. aasta versioonini ja *Mindstorms* EV3 2013. aasta versioonini. Tänapäeval, tänu elektrooniliste komponentide vähendamisele, on olemas mitmeid võimalusi, kuidas jälgida erinevaid sensoreid kasutades Arduino või Raspberry Pi tehnoloogiat.

Pedagoogilisest vaatepunktist võimaldavad Robotika rakendused töötada klassiruumis selliste aspektidega, mida vaid teoreetiliste skeemidega on raske käsitleda. Selles mõttes on formaalsete kontseptsioonide tõlkimine pärisellu õpilaste jaoks suureks väljakutseks, kuna roboti suhtlemine pärismaailmaga sunnib programmeerijat seisma silmitsi ebatäpsete andmete, muutuvate stiimulite ja ebatäiuslike elementidega. Sel põhjusel on oluline õppida kavandama tugevaid lahendusi päris probleemidele läbi multidistsiplinaarsete projektide.

Muud positiivsed aspektid robotika klassiruumis kasutamise juures on valdkondadeülesemad nagu õpilaste motivatsioon, kuna lähenemine on praktiline ja kogemuslik ja seda võidakse tajuda mänguna. Mõnikord võib õpilase suhtlemist robotiga kasutada selleks, et tekitada tunnis rõõmus atmosfäär ja arendada sotsiaalseid oskuseid. Robotika klassiruumis aitab tuua tehnoloogia õpilastele lähemale, eriti ajaperioodil, mil arendatakse oma tugevaid külgi tuleviku tarbeks.

Praktilised näited

ROBOTITEATER

Robotid, olles valmis simuleerima inimesele omaseid näoilmeid nagu Aisoy (<https://www.aisoy.es/>), võimaldavad õpilastel organiseerida väikeseid teatrietendusi, mis kaasavad robotitest näitlejaid. Seda saab kujundada selliseks, et töötatakse mitmete oskuste kallal nagu roboti programmeerimine, plastilised väljendusviisid (riided ja rekvisiidid), kujutav kunst, kirjandus ja inimsuhted.

TÄPSUSMÄNGUD

Selle raames programmeeritakse robot, mis peab katma teatud vahemaad ja olema nii lähedal kui võimalik teatud tähisele või seinale. Õpilased peaksid andma käskluseid mootorisüsteemile ja optilistele või lähedussensoritele otsustamiseks, millal robotit seisata. See harjutus näitab õpilasele, et reaalsus kujutab endast keerukamaid väljakutseid kui mida üksnes teoreetiline käsitlemine saab lahendada, nagu näiteks sensorite ebatäpsuse marginaal või seadme veojõukadu.

Allikad

Euroopa Komisjon (2017) "Follow up to the European Parliament resolution of 16 February 2017 on civil law rules on robotics". <http://www.europarl.europa.eu/oeil/spdoc.do?i=28110&j=0&l=en>



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

KAUGJUHTAVAD VIRTUAALSED LABORID

Sellistes simuleeritud ruumides saavad õpilased opereerida keerukate ja/või ohtlike mõõteriistadega turvalistes tingimustes ja seista silmisti (kuigi piiratult) väljakutsetega, mis on võimalik teisiti esitada vaid päris laboris eksperimendi teel.

Koostöös Sílvia Zurita'ga (PHD keemias Barcelona Ülikoolist, õpetaja Kataloonia Polütehnilises Ülikoolis, põhikooliõpetaja).

Aluspõhimõtted

Teaduslik paradigma keskendub suuresti empiirilisele alusele, ja haridus teadusest peab hõlmama ka eksperimentaalseid elemente. Paljud nendest praktilistest tegevustest on teostatavad igapäevases kontekstis nagu klassiruumis esitatavad ettekanded või väljasõidud, kuid kõikidel haridusasutustel peaks olema labor: ruum, mis on eksklusiivselt pühendatud eksperimentaalteadusele ja on korralikult varustatud.

Labori varustamine ei ole kerge ülesanne: teaduslikud mõõteriistad on sageli kallid, õrnad ja ka mürgised või ohtlikud kui nendega valesti ümber käia. Sel põhjusel on vajadus õpetajate järele, kellel on korralik ettevalmistus, paindlikkus töötada väikeste meeskondadega ja piisav rahastus. Vaatamata sellele, ei saa paljusid ideid siiski testida ilmsete piirangute tõttu nagu näiteks tuumareaktsioonide uurimine, plahvatuslikud süttimised või molekulaargeneetika. Kuid laborikompetentsi järele on tõusev nõudlus EL töajuturul, üha rohkem ja rohkem pööratakse tähelepanu uurimustele ja innovatsioonile.

Õnneks on tehnoloogilised arengud võimaldanud luua intraktiivseid simulatsioone, mis töötavad enam-vähem kõrgetasemeliselt nagu näiteks autentne virtuaalne labor. Sellistes simuleeritud ruumides saavad õpilased opereerida keerukate ja/või ohtlike mõõteriistadega turvalistes tingimustes ja seista silmisti (kuigi piiratult) väljakutsetega, mis on võimalik teisiti esitada vaid päris laboris eksperimendi teel.

Samaaegselt virtuaalse maailmaga eksisteerivad ka nõndanimetatud kaugjuhitavad laborid, füüsilised pinnad, mida on võimalik kaugjuhtida, et saada tõelisi katseandmeid. Kaugjuhitavate laborite eeliseks on see, et näha on kõik päriselu ebatäiused, mida on keeruline simulatsiooni programmeerida, kuid neid on väga vähe ja nende tegevus on väga piiratud.

Selleks, et virtuaalne või kaugjuhitav labor oleks pedagoogiliselt efektiivne, peab see õpilasi köitma. Sel põhjusel on praeguseks trendiks kasutada elemente virtuaal- ja liitreaalsusest nagu ka mängustamist. Eesmärgiks on muuta ekraani ees toimuv staatiline tegevus ennast üleni ümbritsevaks kogemuseks, mis teenib stimulatsiooni eesmäärke.

Virutaalsete ja kaugjuhitavate laborite ajalooline taust

Virtuaalsed laborid

Ei ole lihtne määratleda simulatsiooni kui haridusliku elemendi ajalugu. Esimesed simulatsioonid viidi läbi võttes appi sellised füüsilised elemendid nagu nukud, mis olid kasutusel 60-ndatel aastatel meditsiinikoolides kopsude elustamise praktikates.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

Arvutite populaarseks muutudes 80-ndatel, koos kõrgetasemeliste programmeerimiskeelte arenguga, ilmnesid ka esimesed reaalsuse simulatsioonid, näiteks lennusimulaatorid, mis olid lennukoolides laialdaselt kasutusel. Need simulatsioonid said üldsusele kättesaadavaks läbi mängulise iseloomuga teed rajava *Flight Simulator de Microsoft* (1982). Aastal 1989 lansseeris Maxis esimese *Sim City*, mis on linna simulaatori ning millele järgnes *Sim Earth* (1990), mis on planetaarne simulaator koos algelise kliima ja ökoloogia kontrollisüsteemiga. Ka ülikoolid arendasid virtuaalseid rakendusi selleks, et täiendada oma õpet, tavaliselt oli see tasuta, kuid nende spetsiifilisus, kõrgetasemelisus ja võimetus viia need masstootlusesse hoidis need pimeduse katte all.

2004. aasta tähistas nn Internet 2.0 algust, mida iseloomustab suurem sotsiaalne läbikäimine ja lairibaühenduse populariseerimine. Internet on nüüd palju kättesaadavam ja ülikooli keskkondades arendatud rakendused on palju kergemini interneti teel levitatavad. Paljud neist rakendustest ületavad ülikoolide valdkondi ja avaldavad mõju alg- ja põhikoolis käsitletavatele mõistetele. Arvestades nende virtuaalsete ruumide järjepidevat uuendamist, on ajastuse määratlemine keeruline. Seetõttu anname (mitte-täieliku) ülevaate olemasolevatest ligipääsetavatest virtuaalsetest laboritest järgnevate lõikude käigus.

Kaugjuhitavad laborid

Nii nagu virtuaalsete laborite puhul on ka kaugjuhitavate laborite ajalugu läbipaistmatu. Fakt, et paljud neist initsiatiividest on olnud piiratud ülikoolide mõjualaga, teeb nad raskesti leitavaks ja tihti on need ka kogenematu kasutaja jaoks keerulised ümber käia.

Antud teemal tehtud uurimuse raames pole leitud platvorme, mis tegeleksid nende levitamise või hoiustamisega.

Praktilised rakendused igapäevaelus

Virtuaalsed laborid on loodud haridusalaseks täiendamiseks, seega tavakodanike elus olevad rakendused on olemas seetõttu, et sarnaste rakendustega on olnud varasem kokkupuude oma kooli ja/või ülikooli ajal.

Seetõttu on sellise tehnoloogia otsesed kasud samad, mis füüsiliste laborite puhul, näiteks:

- Uurimusmetodoloogiate juurutamine igapäevaellu.
- Teavitustegevuste kasutamine. Samal ajal kui paljud sellised tegevused on loodud formaalse hariduse tarbeks, avavad need aga ukse teaduste õpetajatele, kes kasutavad neid erinevatel puhkudel nagu konverentsidel või töötubades.
- Kriitilise mõtlemise julgustamine. Võimalus võtta ette reaalseid tegevusi uurimuskeskonnas, isegi kui see on simuleeritud keskkond, võimaldab see meil mõista teaduslike metodoloogiate keerukust ja võidelda lihtsustatud pseudo-teaduslike ideede vastu.

Hariduslik seos

Klassiruumi kontekstis pakuvad virtuaalsed laborid suurepäraseid võimalusi töötamiseks õppekava nii akadeemiliste aspektide kui valdkondadeüleste oskuste kallal. Paljudel juhtudel võimaldavad nendes süsteemides kasutusel olevad visuaalsed ressursid luua mentaalseid kujutluspilte sellistest protsessidest, mida on keeruline edasi anda. Meie eksperdid rõhutavad, et on vajadus kõrgelt kvalifitseeritud ja õpetatud õpetajate järele selleks, et neil tööriistadel oleks tõeline pedagoogiline tähendus.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

Õppekava osas me juba märkisime, et virtuaalsed laborid võimaldavad läbi viia katseid, mida ei ole võimalik sooritada kooli laborites, kuna nad on ohtlikud või liiga kulukad (tuumaenergia uurimised või genoomitehnikad, näiteks).

Kuid me leiame mõned väga tähelepanuväärsed elemendid valdkondadeüleste oskuste vallast:

- Õpilaste motivatsioon. Mängustamise ja 3D võimalusi pakkuv strateegia, mida kasutatakse modernsetes virtuaalsetes laborites, suurendab nende õpilaste tähelepanu hoidmist, kes on vähem vastuvõtlikud traditsioonilistele teaduspraktikatele. See trend on tõusteel, kuna arendatakse uusi virtuaalreaalsusega sensoorse suhtlemise süsteeme nagu puudutamine või haistmine.
- Sotsialiseerumine ja suhtlemine. On ootuspärane, et grupp õpilasi hakkab peagi suhtlema virtuaalsete laborite kontekstis võttes endale rolle ja tehes omavahel koostööd selleks, et viia läbi uurimusi.
- Tutvumine digitaalsete keskkondadega. Arendades tegevusi virtuaalses keskkonnas võib meelitada õpilasi nende tehnoloogiate juurde ja inspireerida tulevasi areguid virtuaal- või liitreaalsuse vallas.

Ilma alahindamata nende tööriistade kasulikkust hariduslikust vaatenurgast, on oluline siiski rõhutada, et need on kooli laboritele täiendavateks tööriistadeks, st kooli laboreid ei tohiks kindlasti kõrvale heita.

Praktilised näited

Virtuaalsed laborid

On olemas suur hulk veebipõhiseid virtuaalseid laboreid. Paljud neist on tasuta ligipääsuga lihtsad simulatsioonid või rohkemal-vähemal määral interaktiivsed animatsioonid teatud kindlal teemal. Teised on tõelised laborid, mis on loodud virtuaalreaalsuse tehnoloogia abil, mis on koopiad täisvarustuses professionaalsetest laboriruumidest. Kooskõlas Lynch & Ghergulescu (2017) kriteeriumiga, toome alljärgnevalt mõned näited:

2D laborid, mis baseeruvad veebitehnoloogial (HTML5 või JavaScript):

- **Go-Lab Project** [<https://www.golabz.eu/>], praegu tuntud kui NextLab, mis on veebiportaal, mida rahastatakse EL H2020 programmi alt ning on pühendatud uurimuslikule õppele (*Inquiry Based Science Learning*). Nende kooli laborites leiate te suure hulga interaktiivseid tegevusi, mis on suunatud erinevatele teaduslikele aspektidele. Sealt leiab ka tööriista õpetajate jaoks, kes saavad kujundada ja jagada oma enda virtuaalseid laboreid, mis on kohandatud nende õpetamise eripäradele.
- **ChemCollective** [<http://chemcollective.org/home>] on keemiavallas virtuaalsete laborite ladu, mis on programmeeritud HTML5 keeles ja kasutatav peaaegu kõikides tänapäevastes brauserites.
- **NMSU virtuaalsed laborid** [<http://virtuallabs.nmsu.edu/>] on Uus-Mehhiko Riigiülikooli veebiportaal. Nende virtuaalsetes laborites on võimalik töötada mitmete toiduteaduse ja -tehnoloogia aspektide kallal.

3D virtuaalsed laborid, mis põhinevad virtuaalreaalsuse süsteemidel:

- **3D Labs UPM** [<https://3dlabs.upm.es/>] on Madridi Tehnikaülikooli projekt, millel on mitmeid virtuaalseid laboreid. Katsed on suunatud inseneriteadusele, füüsikale ja keemiale. Tegevusi viiakse läbi 3D virtuaalreaalsetes keskkondades, loodud vabavaralise tarkvara baasil nimega OpenSim.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

- **Virtual Engineering Sciences Learning Lab** (VESLL, *virtuaalne inseneriteaduse õppelabor*) on virtuaalne ruum, mis on loodud SecondLife platvormil, kus kasutajad saavad arendada tegevusi teadusmuuseumiks kujundatud keskkonnas. Kasutajate omavaheline suhtlus pakub täiendava sotsiaalsete oskuste tasandi, mis on vähem esil teiste virtuaalsete laborite puhul.
- **Labster** [<https://www.labster.com/>] pakub täisvarustuses 3D virtuaalset laborit erinevate katsete läbiviimiseks molekulaarbioloogia ja keemia vallas. Kuna tegemist on eraalgatusega, on selle teenused tasulised.

Kaugjuhitavad laborid

- **Faulkes Telescopes** [<http://www.faulkes-telescope.com/>] on võrgustik robot teleskoopidest, mida õpilased ja õpetajad saavad tasuta kasutada. Igaüks võib broneerida aja, et kasutada ühte mitmest teleskoobist üle maailma, et hankida tõelisi astronoomilisi kujutisi ja kasutada neid oma klassiruumis. Fakt, et seal on olemas tööriistad paljudes eri asupaikades, võimaldab viia läbi öise taeva vaatlusi oma tundide ajal.
- **VISIR** [http://ohm.ieec.uned.es/portal/?page_id=76] on automaatne emaplaat, kuhu elektroonikaainete õpilane saab kaugjuhtimisel päris juhtmestiku ühendamise tulemusi testida.

Allikad

Lynch, T., Ghergulescu, I. (2017) "Review of virtual labs as the emerging technologies for teaching stem subjects". *11th International Technology, Education and Development Conference* 6-8 March, 2017, Valencia, Spain. <http://www.newtonproject.eu/wp-content/uploads/2016/02/review-of-virtual-labs-as-the-emerging-technologies-for-teaching-stem-subjects-1.pdf>

HARIDUSLIKUD VIDEOMÄNGUD

... mängud võivad panna tööle olulisi sotsiaalseid mehhanisme nagu probleemilahendamine, empaatia ja tiimitöö...

Koostöös Víctor López'i (Füüsik, PhD teaduse didaktikas. Uurija asutuses CRECIM-UAB. Kaaslektor õppeasutuses Universitat Autònoma de Barcelona) ja Cristina Simarro'ga (Uurija asutuses CRECIM. Tööstusinsener. Kaaslektor õppeasutuses Universitat Autònoma de Barcelona).

Aluspõhimõtted

Mängustamine on tänapäeva hariduses suur trend. See viitab klassiruumis mänguliste strateegiate kasutamisele nagu märkide, punktide või teiste preemiade teenimine peale teatud ülesannete sooritamist. Tegemist on õpilaste motiveerimise ja tegevusse haaramise vahendiga nende endi õppeprotsessi käigus.

Sarnaselt, kuid mitte samamoodi, on olemas mängupõhine õpe (*GBL, Game Based Learning*). Selle lähenemise abil kasutatakse lauamänge, kaarte või videomänge, et päriselt õppida ja praktiseerida ainete võtmekontseptsioone, ja seda mitte ainult õpilaste motiveerimiseks.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

Mõlemad strateegiad omavad võimekust parandada klassiruumi dünaamikat ning neid võib rakendada mitmel moel, läbi interneti ja ilma internetita. Antud raporti puhul keskendume küll aga mängimise tehnoloogilisele küljele ja anname ülevaate vaid hariduslike videomängude kohta.

Mängustamise ja mängupõhise õppe peamine põhimõte baseerub dopamiini sööstul. Dopamiin on neurotransmitter, mida kasutab aju selleks, et tahtejõudu kontrollida (väga lihtsustatuna väljendudes). Iga eesmärgipärast tegevust, ja eriti neid, millelt on oodata positiivset preemiat, juhib dopamiin ja tulemuseks on aju mõnukeskuste aktiveerimine hetkel, mil tegevus on sooritatud.

Seega, nii kaua kuni väljakutsed ja preemiad, mida õpilasele pakutakse on talle ka tähenduslikud, saab mängustamine ja mängupõhine õpe parandada õpilase keskendumisvõimet ja suurendada aine õppimisele kulutatavat aega. See on mistahes sarnaste strateegiate põhipunktiks, kuna mäng iseenesest ei saa panna ühtegi last lihtsalt õppima. Mängustamise ja mängupõhise õppe taga on esmajärguline hästi planeeritud ja õpetajate poolt juhitud õppeprotsess.

Mängupõhise õppe ajalooline taust

Kuigi mõned peavad Pac-Man'i esimeseks hariduslikuks videomänguks, oli selle taga olevaks kavatuseks puhas meelelahutus. Siiski sisaldas Pac-Man endas paljusid haridusliku mängu tunnuseid nagu lihtsad reeglid, ilmsed hüved, põnevuse tunne ja mõistatuse lahendamine.

Paljud peavad esimeseks hariduslikuks videomänguks Logo programmeerimiskeskonda (1967). Seda võib-olla ei kavatsetud mänguna luua, kuid väikese kilpkonna liigutamine läbi konsoolile juhiste kodeerimise oli tõepoolest lõbus. Ja paljud koolid kasutasid seda (ja kasutavad siiani) selleks, et õpetada arvutimõtlemise ja matemaatiliste ideede aluspõhimõtteid lõbusal viisil.

Koduarvutite laialdasema kasutusega koos arenes ka videomängude tööstus, ning haridusala oli veel üks turg, mida ära kasutada. "Lemonade Stand" (majandus), "Oregon Trail" (ajalugu), "Reader Rabbit" (keel) ja "Where in the world is Carmen Sandiego?" (geograafia) olid mõned päris esimestest videomängudest, millel oli hariduslik eesmärk ning mis olid toodetud 1980-ndatel. Mõndadest said tõeliselt populaarsed, eriti USAs.

Arvutite kasutamine suurenes 1990-ndatel ja videomängud muutusid interaktiivsemaks ja keerukamaks. Paljud mängud simuleerisid reaalseid keskkondasid nagu "Sim City", "Sim Earth", "Civilization" ja mitmed erinevad lennusiimulatsioonid, mis kasutasid ära virtuaalreaalsuse aluseid. Siiski, paljud neist arenesid mängusaali mängudeks ja kaotasid osa oma algsest hariduslikust eesmärgist.

1990-ndate lõpus ja 2000-ndatel, võtsid kodukonsoolid üle enamuse lastele mõeldud mängudest, mis olid seni olnud personaalarvutites. PlayStation, Xbox ja Wii tõid turule hariduslikke mängu nagu "Brain academy" või "MineCraft", et meelitada mängude juurde terveid perekondi ja mitte ainult teismelisi mängureid nagu seni.

Alates 2007. aastast, kui toodi turule iPhone ning toimus mobiilseadmete populariseerimine, muutusid enamus hariduslikke mängu rakendusteks. Täna sel päeval võib leida tuhandeid hariduslikke mängu iTunes'ist ja Google Play'st, ja paljusid neist kasutatakse igapäevaselt koolides üle maailma.

Praktilised rakendused igapäevaelus

Võime kirjeldada mängu kui mängijate vahelist kunstlikku konflikti, mida tuleb lahendada kasutades kogumit etteantud tööriistu ja reegleid, mis on kõigi poolt heakskiidetud. Seega, olenevalt mängust võivad need panna tööle olulisi sotsiaalseid mehhanisme nagu probleemilahendus, empaatia ja tiimitöö.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

Aastal 1786 avaldas Benjamin Franklin essee pealkirjaga “male moraal” võrreldes malemängu päriseluga. Ta tõi oma tekstis välja selle, kuidas malemängija õppis läbi mängimise olulisi sotsiaalseid väärtusi nagu sihikindlus, ettenägelikkus ja ettevaatlikkus.

See, mida Franklin väljendas male kohta, on tõi ka videomängude puhul. Meeskond Taani teadlasi avalikustas aastal 2013 ülevaate oma uuringust, milles toodi välja videomängude mängimise kasud. Nad väidavad, et on olemas tõestus selle kohta, et tänapäevased videomängud arendavad teatud oluliste oskuste kogumit, alates ruumitajust kuni sotsiaalse suhtluseni.

Teisest küljest annab videomängude mängimine koolis võimaluse luua arvutiga kontakt ootamatust küljest. Lapsed, keda tehnoloogia väga ei köida, võivad arendada endas teatud arvutikasutusoskusi ja tutvuda virtuaal- või liitreaalsusega, mis muidu jääksid arendamata.

Hariduslik seos

Enamus hariduslikke seoseid on juba läbi käidud virtuaalsete laborite osas, samad seosed pädevad ka videomängude kohta.

Eriti STEM'il põhinevate videomängude puhul on eksperdid ühel nõul, et oluline on siduda õpilase tähelepanu tegevustega, mis esitlevad teaduslikke praktikaid. Seda arvesse võttes oleksid mängulised virtuaalsed laborid hariduslikust vaatenurgast lähtuvalt parimaks lähenemiseks, eriti kui see on ümbritsetud virtuaalreaalsest keskkonnast.

Viktoriinimängud on muutunud väga populaarseks viimastel aastatel, eriti kui need muutusid kättesaadavaks ka mobiilplatvormidel. Paljud on Google Play või App Store keskkondades märgitud ära kui “hariduslikud rakendused”, kuid neis puudub oluline hariduslik mõju, kuna nende peamine fookus on kasutajale juba tuttav sisu ja mingeid uusi oskusi seal ei praktiseerita.

Selline arusaam on vastavuses ideega “tegutsedes õppima” ja on vaja pidada ka meeles, et tõepoolest, videomängud saavad aidata mõnede põhimõistete praktiseerimisel ja omandamisel, kuid aine sügavamad aspektid vajavad siiski õpetajapoolset mõju selleks, et seda täielikult mõista.

Seega, eeldades, et kohal on ka õpetaja koos väga hästi väljamõeldud plaaniga, saavad mängustamine ja mängupõhine õpe klassiruumis õppimisele kaasa aidata läbi motivatsiooni tõstmise, ja neid võib kasutada ka praktiseerimise ja mõnede õpingute omandamise eesmärgil.

Praktilised näited

- **Learn Science / Õpi teadust** [Nintendo DS]. Selles mängus, mis on loodud Nintendo kaasaskantavale seadmele, saab kasutaja mängida minimänge, mis põhinevad teaduse erinevatel aspektidel. See viis on peamiselt praktiline koos demonstratsioonide ja mõistatustega, mida lahendada, ning nende eest on võimalik saada preemiaid. Sellel on ka sotsiaalne aspekt, kuna on võimalik esitada oma sõpradele väljakutseid kõrgemate punktide saavutamiseks kui mängitakse võrgus.
- **Food Fight / Toidusõda** [Mistahes platvorm <https://www.brainpop.com/games/foodfight/>]. Food Fight on simulatsioon ökoloogilises veebiahelas kahele mängijale. Kumbki mängija võtab ühe liigi rolli ja püüab oma populatsiooni suurendada samal ajal ohtu seades oma vastase edu.
- **Spore** [PC, Mac ja Nintendo platvormidele]. Loo endale olend ja arenda seda läbi erinevate evolutsiooniliste etappide, alates rakutasandist kuni tervete tsivilisatsioonide ja kosmoseuuringuteni välja. Iga etapp laseb sul uurida ja muuta universumi põhitõdesid oma tahtmise järgi.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

- **Manga High** [Mistahes platvormil <https://www.mangahigh.com/en/>]. Kuskil mängustamise ja mängupõhise õppe vahepeal pakub see õpetajale mitmeid minimänge matemaatika ja geomeetria vallas koos võimalusega määrata õpilastele ülesandeid.
- **Blood Typing Game / Veregrupi määramise mäng** [Mistahes platvormil <https://www.nobelprize.org/educational/medicine/bloodtypinggame/>]. Lihtne veebipõhine mäng selleks, et harjutada veregruppide põhitõdesid ja inimestevahelisi veregrupi ühilduvusi. Pisut meenutab see kliinilisi praktikaid, koos nõelte ja testide ja patsientidele vereülekannete tegemisega. Selleks, et olla selles mängus edukas, peab mängija eelnevalt olema kursis veregrupi kohta käiva infoga.

Allikad

Granic, I. *et al.* (2013) "The benefits of playing video games". *American Psychologist*, Vol. 69, No. 1, 66 – 78. Available online at: <https://www.apa.org/pubs/journals/releases/amp-a0034857.pdf>

Needleman, A. (2017) "A Quick History of Educational Video Games". *Gamer Professionals* [<https://www.gamerpros.co/education-and-video-games/>]

Zhen, J. "The History of Educational Video Gaming". *Immersed Games* [<http://www.immersedgames.com/the-history-of-educational-video-gaming/>]

(KULUEFEKTIIVSED) EKSPERIMENDID

... idee, et igaüks saab läbi viia katseid, kusiganes ta ka ei asu, julgustab õpilasi proovima neid ka kodus koos oma perega. Eksperimenteerimisest saadav emotsioon võib ärata huvi teaduse vastu.

Aluspõhimõtted

Põhiline põhjus, miks võimaldada kuluefektiivset eksperimenteerimist, on teaduse populariseerimine. Mõtte, et teadus on tegevus ja mitte kogum faktidest ja kontseptsioonidest tähendab, et igaüks peaks olema lubatud eksperimenteerida loodusreeglitega omapäi, kusiganes nad ka ei viibiks.

Selle idee puuduseks on aga see, et mõnikord on selleks, et näha kindlat tulemust, vaja kalleid laborimaterjale. Kuluefektiivne eksperimenteerimine viitab seega mistahes protseduurile, kus igaüks saab testida teaduse algtõdesid sisuliselt ilma kuludeta ja kasutades selleks tavapäraseid materjale.

Kuluefektiivse eksperimenteerimise ajalooline taust

Kuluefektiivset eksperimenteerimist võib võtta kui tee-seda-ise (do-it-yourself ehk DIY) liikumise evolutsioonina ilmnedes USAs 20. sajandi alguses. Selle haripunktiks oli 1960-ndad ja San Francisco piirkonna pungiskeene. Algupärane DIY kogukond ei olnud mõeldud selgitama iga fenomeni teaduslikku tausta, pigem et saaks turult leiduvatest materjalides ise kokku ehitada mõni ese. Liikumine oli tegelikult mingil määral kultuurivastane ja tarbimise suhtes kriitiliselt meelestatud. Kuna aga projektid arenesid



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

üha keerukamateks, siis insenerid eri valdkondadest hakkasid jagama oma tehnilisi teadmisi kogu ülejäänud kogukonnaga.

Teaduse populariseerimine nagu me seda tänasel päeval tunneme, algas massimeedias. Selle haripunktiks võib pidada müütilise teleseeria ülekannet "Cosmos, a personal journey" (*Kosmos, isiklik teekond*) 1980. aasta sügisel. Saade, mille lõi ja kandis ette Carl Sagan, tegi ülevaate universumi ajaloost, liikide evolutsioonist Maal ja inimkonna edust teadmiste otsinguil. Kuid "Cosmos" oli suurepärane lugu teaduse kohta, mitte teadus ise.

Üks esimesi teadusesaateid, milles sisaldasid ka praktilised tegevused, jõudis teleekraanile 1992. aastal saatena "Beakman's World". Saade sai inspiratsiooni 1991. aastal ilmunud Jok Church'i koomiksist ja oli suunatud võrdlemisi kitsale sihtrühmale, varateismelistele, kus Paul Zaloom etendas ekstravagantse teadlase rolli, kes näitas publikule mitmeid füüsilisi ja keemilisi põnevusi. Enamus katseid olid kavandatud sellisel moel, et igaüks võiks neid kodus tavaliste toormaterjalide abil järele katsetada. Kusjuures, julgustatigi seda kõike kodus ise järele proovima.

Sellest hetkest alates toodeti üle maailma palju erinevaid teadussaateid üsna sarnase formaadi alusel.

Praktilised rakendused igapäevaelus

Mõte, et igaüks võiks loodusmaailma baastõdesid ise järele testida, oli väljakutse iseeneses. Empiiriline teadmine, kuidas asjad käituvad võib muuta nii mõnagi ja aidata teaduse baasteadmiste jõudmisele mitte-teadlasteni.

Seega, kuluefektiivsete eksperimentide kavandamine ja areng (ja selle korralik levitamine) võib muuta meie ühiskonna ratsionaalsemaks, vähendada ebausku ja muuta mõtlemist kriitilisemaks.

Hariduslik seos

Koolid kipuvad olema alarahastatud, seega mistahes eksperimentid, milles kasutatakse igapäevaseid materjale, mida leidub koolis või kohalikus ehituspoes, on väga teretulnud. Lisaks, õpilasi võib julgustada proovida katsetusi läbi viia kodus koos oma perekonnaga kui anda märku, et igaüks võib seda katset teha, kusiganes ta ka ei viibiks. Eksperimenteerimisest saadav emotsioon võib ärata suurema huvi teaduse vastu.

Teisest küljest kipub eksperimenteerimine olema valdkondadevaheline tegevus ja paljusid eksperimente, mida on võimalik läbi viia kasutades tavalisi vahendeid, õpetab tundma kontseptsioone paljude eri õppeainete kohta nagu füüsika, keemia, bioloogia, matemaatika ja tehnoloogia. Ületades valdkondadevahelisi piire koolis, muudab see tunnid dünaamilisemaks ja atraktiivsemaks, mis tõstab ka motivatsiooni.

Veelgi enam, enamus materjale, mida eksperimentides kasutatakse, on taaskasutatud ja uuesti kasutatud nagu plastikpudelid või kasutatud kõrred, seega kui panna õpilased tööle, et planeerida ja viia läbi seda tüüpi katsetusi, tugevdab see nende jätkusuutlikkuse tunnetust.

Praktilised näited

- **Reaction car** - *reaktsiooniauto* [<https://explorable.com/balloon-rocket-car-experiment>]: kasutades plastikpudelit, õhupalli ja kõrt (ja veel paari asja), saab igaüks ehitada auto, mis liigub kinemaatika 3-ndat seadust kasutades nagu seda esitles Newton.
- **Plants see the light** – *taimed näevad valgust*

[<http://www.untamedscience.com/biology/plants/phototropism/>]: istuta mõned seemned kasti, mille ühes küljes on väike avaus ja oota, kuni need hakkavad idanema. Mõne päeva pärast



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

sa näed, kuidas seemnekesed on pürginud valguse poole sõltumata takistustest nende teel. See eksperiment näitab kätte ühe omaduse, mis kehtib mistahes taime puhul: fototropism.

- **Mentos geysers** – *Mentose keiser*

[<https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/original-mentos-diet-coke-geyser/>]: Kui panna Mentose padjake soodavette, siis selle pisikesed pealispinnal asuvad lohukesed toimivad kui tuumapunktid lahustunud CO₂-le. Neis punktides toimuv mullide kiire tekkimine paneb terve pudeli purskama tugeva joana. See on edasiareng vanast eksperimendist vesinikkarbonaadi ja äädikaga, kuid põhimõte selle taga on väga erinev.

Allikad

The do it yourself Wiki "DIY Culture" http://diy.wikia.com/wiki/Do_It_Yourself. Last accessed April 2018.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

UUED TEHNOLOOGIAD

3D PRINTIMINE

3D printimist tuleks käsitleda kui tootmisvahendit, mida on võimalik kasutada igas sellises aines, mis sisaldab kujundamist.

Koostöös Joan Alemany' (lõpetanud matemaatika teaduskonna Kataloonia Tehnikaülikoolis – UPC; eSeeCode kaasasutaja ja keskkooliõpetaja) ja Frank Sabaté'ga (kooliõpetaja, kes on spetsialiseerunud STEM meetodile).

Aluspõhimõtted

3D printimine on protsesside kogum, mis võimaldab toota füüsilisi objekte arvutimudeli põhjal, mis on täielikult kujundatud arvuti tarkvara (CAD) või 3D skänneri abil.

Sellist tüüpi printimist võib klassifitseerida läbi lisanduva ehitamise paradigma, kus ese valmib kiht kihi haaval lisamise tulemusena kuni lõplik objekt on valmis (just nagu maja ehitamise puhul). Vastupidiselt toimib lahutav ehitamine, mis viitab algse eseme valamisele kuni jääb alles vaid lõplik objekt (just nagu klassikalise skulptuuri puhul).

Selleks, et saavutada seda lisanduvat efekti, tuleb 3D printeris kasutada poolkõvasid või kõvasid materjale, kuna tegemist on automaatse ja programmeeritava töövahendiga, mis on võimeline töötama mahtudega ja mitte ainult pindadega nagu traditsiooniline printer.

Seetõttu baseeruvad 3D printimise põhimõtted ühest küljest arvutuslikele ja programmeerimisalastele elementidele, mis võimaldab arendada 3D kujundamist arvuti abil, ja teisest küljest mehaaniliste ja insenertehnilistele elementidele, mis on rangelt öeldes viinud 3D printerite tootmiseni.

3D printimise ajalooline taust

Põhilised kolmemõõtmelised printimissüsteemid pärinesid 80-ndate Jaapanist tänu Dr. Hideo Kodama'le Nagoyas asuvast asutusest *Industrial Research Municipal Institute*. Kodama arendas tänapäevase stereolitograafia süsteemi (SLA) eelkäija. Esimene selle süsteemi patent kuulub Ameerika leiutajale Charles Hull'ile aastast 1984, kes alustas SLA-1 põhjal esimese 3D printeri turustamist 3D Systems nime all aastal 1987.

Aasta hiljem, 1988, esitas Carl Deckard patendiavalduse SLS-le, uuele 3D printimise viisile, mis põhines tolmuosakeste liitmisele. Aastal 1992 hakkab ettevõtte Stratasys turustama esimest printerit, mis põhineb sulatatud materjali ladustamisele (FDM). Viimane muutus asjaarmastajate seas kõige populaarsemate 3D printerite standardiks tänu selle madalale hinnale.

Tänapäeval avardavad paljud ettevõtted nende baastehnoloogiate piire katsetades uute süsteemidega ja kombineerides suuremat valikut materjale (nt metallidega) ja kasvatades printimiskiirust.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

Praktilised rakendused igapäevaelus

Erialaringkondades nõustuvad kõik, sh meid konsulteerinud eksperdid, et 3D printimine raputab korralikult toomissektorit ülemaailmselt. Loogiliselt võttes transformeerib see ka kogu maailma majandust.

Kuigi seda on keeruline ette ennustada, siis usuvad kõik, et võimekus toota sisuliselt mistahes objekti laias spektris materjalidest, asetab meid tulevikus olukorda, kus enamusi igapäevaseid tarbeesemeid ei osteta enam füüsilisest poest, vaid need prinditakse endale kodus välja. Sel moel ostab toote lõppkasutaja kujunduse otse suurest võrgupoest ja rakendab seda enda kodusel printeril.

Sellest vaatenurgast on 3D printimise praktilisel rakendamisel meie igapäevaellu tohtu mõjuga.

Hariduslik seos

Ülalmainitud mõju igapäevaelus keerleb selle ümber, mil määral saab kodanik toota kõige tavalisemaid tarbeesemeid lokaalselt. Seega pole vajadus mitte õppida, vaid valida erinevate turu poolt pakutavate mudelite vahel.

Pedagoogilisest vaatepunktist toob 3D printimine kaasa huvitava väljakutse. Meid nõustanud eksperdid on mures, et tänane tendents, mis väldib 3D printimise võimekuse kasutamist õppevahendina ning selle asemel kasutatakse seda pigem demonstratsiooni läbiviimise eesmärgil. Selle tulemusena ei peeta eelkujundatud mudelite allalaadimist kõige populaarsematest hoidlatest nagu OpenSCAD [www.openscad.orgwww.tinkercad.combeetleblocks.com], Tinkercad [] or Beettle blocks [] kui nende tehnoloogiate autentset hariduslikku rakendust. Seega on äärmiselt oluline, et määratakse selge pedagoogiline eesmärk enne kui alustatakse 3D printimise tegevustega oma klassiruumis.

3D printimist tuleks käsitleda kui tootmisvahendit, mida on võimalik kasutada igas sellises aines, mis sisaldab kujundamist, nagu näiteks:

- Inseneriteaduses ja tehnoloogias, tootes esemeid mudelite ehitamiseks või esemeid mehaanilistele ja elektroonilistele seadmetele, mis on eelnevalt klassiruumis loodud
- Matemaatikas ja geomeetrias koos võimekusega visualiseerida ruumikujundeid ja abstraksteid kujundeid, mis on saadud läbi teoreetiliste menetluste
- Plastilise ja kunstilise väljendusena koos võimalusega kujundada ja toota *atrezzo* esemeid teatrile või teistele loovatele struktuuridele.

Praktilised näited

On olemas mitmeid 3D printimise tehnoloogiaid, igaüks oma tugevuste ja nõrkustega, mis on kohandatud mitmetele kasutusvaladele vastavalt printimisobjekti otstarbele. Enim kasutusel olevad on alljärgnevad:

- **Stereolitograafia (SLA).** Originaalne materjal on viskoosne vedelik, mis on võimeline tahenema kui sellele suunata intensiivne ultraviolettkiirgus. Mudeli ehitus on seatud motoriseeritud platvormiga materjali konteinerile. Laser saadab välja ultravioletvalguskiire, mis on kujundi esimese (st alumise) kihi kujuline, sel moel fikseerides esimese lehe. Platvorm liigub alla, et uputada mudel uuesti materjali sisse ja seejärel kiiratakse teine kiht, mis liidetakse esimesele. Ja niimoodi jätkates kuni mudel on lõpetatud.

Peamiseks SLA meetodi eeliseks on selle kiirus ja detailsuse tase, mida sellega on võimalik saavutada. Samas on mudelid õrnad ja otsesele päikesevalgusele tundlikud.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

- **Selektiivne lasertehnoloogia (SLS):** Mehaanilisest vaatenurgast jagab SLS sarnasusi SLA-ga, kuid siin on originaalmaterjaliks pulveriseeritud nailon (kuigi see võib olla ka muust materjalist pulber nagu polüstüreen, keraamilised materjalid). Laser soojendab üles mudeli nailontolmust koosneva esimese kihi, nii et need väga väikesed osakesed sulavad kokku. Koheselt liigub motoriseeritud platvorm alla ja harjakene paigutab peene rea tolmu esimesele kihile, et jätakata mudeli teise kihi loomist. Lõpuni jõudes eemaldatakse järelejäänud nailontolm surveõhuga.

Peamiseks eeliseks on see, et sulatatud nailon on väga vastupidav ja tükid, mis on selles tehnikas loodud, saavad olla funktsionaalsed. Pealegi, kuna nailontolm on tahke, ei ole vaja mudelile printida toestavaid struktuure.

- **Mudelleerimine läbi sulatatud materjali ladestamise (FDM).** Antud juhul on mitmeid võimalusi, kuid üldiselt on algne materjal tahke plastikiit, mis soojendatakse üles kuni kokkupuutepunktini ja paigutatakse õhus liikuva ekstruuderiga abil kihiti. Tavaliselt liigub protsess alt üles.

Kuna kõik komponendid on sisuliselt mehaanilised, ilma laserite ja muude keerukamate elementideta, on tegemist kõige ökonoomsema lahendusega ja on seega mitte-professionaalsetele kasutajatele kättesaadav. Siiski on mudelite kvaliteet madalam kui SLS ja SLA süsteemide poolt loodavad, kuna niidi paksus määrab ära resolutsiooni ja maksimaalse võimaliku detailitäpsuse.

Allikad

Bensoussan, H. (2016) "The History of 3D Printing: 3D Printing Technologies from the 80s to Today". Sculpteo.com. <https://www.sculpteo.com/blog/2016/12/14/the-history-of-3d-printing-3d-printing-technologies-from-the-80s-to-today/>

The Economist (2017) "3D printers start to build factories of the future". The Economist Publishing Group. <https://www.economist.com/news/briefing/21724368-recent-advances-make-3d-printing-powerful-competitor-conventional-mass-production-3d>

OPTIKA JA FOTOONIKA

... ei ole olemas kerget viisi, kuidas tutvustada valguse olemust ja omadusi kooli õppekava raames... valgus on mitte-intuiitiivne. Seetõttu tuleb seda õpetada äärmise ettevaatlikkusega ja omades selget hariduslikku plaani.

Koostöös Víctor Grau'ga (PhD füüsikas; alaline professor asutuses Universitat de Vic, kunstide ja teaduste didaktika osakonnas).

Aluspõhimõtted

Optika ja fotoonika on tihedalt seotud füüsikaharud, mõlemad tegelevad valguse ja selle käitumise uurimisega. Optikat võib pidada klassikaliseks raamistikuks, millest arenes välja fotoonika kui avastati valguse kvantilisus.

Väga lihtsustatult öeldes võib valgust kirjeldada kui elektromagnetilist lainet ja kui footoniteks kutsutavate pisikeste osakeste kiirt. Laine vaatenurgast liigub valgus läbi ruumi lainefrondi kujul, mis



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

näitab klassikalisi omadusi nagu peegeldus, murdumine, difraktsiooni ja interferents. Selle lainepikkus, pikkus laineharjade vahel, väljendub nanomeetrites ning moodustades sedasi oma värvi.

Siiski on valgus sellest kirjeldusest palju komplekssem ja seda ei tohiks kujutada kui klassikalist mehaanilist lainet, millist võib leida nii mitmeski õpikus. Füüsiline ja geomeetiline optika selgitab paljusid valguse klassikalisi omadusi väga üksikasjalikult.

Footonkiire vaatenurgast on näha valguse selliseid omadusi, mis ei eksisteeri klassikalistes lainetes, nagu näiteks fotoelektriline efekt, mis kuvab footonite üksikuid mõjusid detektoril, või valgus, mida toodetakse LED seadmes, kus elektronid vabastavad footoni kui see langeb madalamatesse energiasseisunditesse. See uus vaatenurk viis kvantumoptika ja sellega seotud valdkondade tekkimiseni.

Optika ja fotoonika ajalooline taust

Optika alguse kohta on mõningaid vastuolusid. 3000-aasta vanune läätse-laadne objekt leiti Nimrud'ist (tänapäevast Iraagist), mis viitas Assüüria kultuurile kui nende objektide esmaarendajale. Siiski pole üksmeelt selles osas, kas seda tegelikult kasutati läätsena või oli see pelgalt üks mööblitükk.

Teame aga kindlusega, et antiik-Kreeka ja -Rooma kultuurides kasutati vett täis klaasist keraasid kui läätsesid ja arendati ka mõningaid teooriaid valguse levimise kohta. Mõiste *optika* tuleb tegelikult antiik-kreeka sõnast *optikē*, mis tähendab *välimust*. Peale Kreeka ja Rooma tsivilisatsioonide langemist, jätkus optika areng Araabia ja India maailmades, kus loodi ka valdkonna peamised konventsioonid.

On märkimisväärne, et varasemad teooriad ei avanud valguse olemust korralikult ja kuigi selgitati selle omadusi nagu peegeldumine ja murdumine mõningase detailsusega, siis puudusid kirjeldused selle kohta, mis võiks valgust emitteerida ja kuidas kujundid meie meeltes moodustusid. Sellest vaatenurgast vaadates põhines füüsilise optika algne areng puudulikult valguse enda põhimõtete mõistmisel.

Üks näide sellisest mittemõistmisest, nimelt 17. sajandil toimus mõru vestlus Newton'i ja Hooke'i, kahe kõigi aegade kõige tunnustatuma füüsiku vahel, milles arutleti valguse põhiolemuse kui osakeste kogumi (Newton'i mudel) või kui laine (Hook'i mudel) üle. Mõlemad tõlgendused tulenevad varasematest Kepleri geomeetrilist optikat käsitlevatest töödest. On tarbetu mainida, et mõlemal oli vaid osaliselt õigus.

19. sajandil tehti esimesed sammud konflikti lahendamise suunas tänu Young ja Fresnel'i eksperimentidele valguse vaieldamatu lainelise olemuse kohta ja hiljuti, tänu Maxwell'i võrranditele, mis selgitavad valgust elektromagnetilisest vaatenurgast lähtuvalt.

20. sajandi jooksul jõudsid Planck, Einstein ja Bohr samaaegselt valguse laine teooria viimistlemiseni, ja samas pandi alus ka uuele valdkonnale: kvantoptikale. Laseri leiutamise aastal 1960 sai alguse fotoonika, mis tegeleb peamiselt footonite, selle füüsiliste omaduste, tootmise ja materiaga koostoimimise uurimisega.

Praktilised rakendused igapäevaelus

Inimesed on päevased olendid ja seetõttu on valgus meie ümber enamuse ajast. Me langetame tihti otsuseid, mis põhinevad optikal nagu näiteks toa värvimisel heledate värvidega, et valgust maksimeerida või akende asukoha üle otsustamine või kui sättime paika telekat oma elutuppa, et vältida peegeldumist. Paljud sellised otsused lähtuvad intuiitivselt arusaamisest põhilisest optilisest fenomenist. Ja optika võib mõnikord olla üsna riukalik.

Hea arusaamine valgusest ja selle omadustest võib olla abiks meie igapäevaelu mitmes aspektis:



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

- **Fotograafia ja video.** Eriti kui arvestada nutitelefonide massilist kasutamist ja kaasaegseid foto/video jagamist soodustavaid rakendusi.
- Tänapäeval põhinevad paljud meie poolt kasutatavad seadmed valgusel, nagu näiteks kaugjuhtimispuldid, liikumis- ja lähendusandurid.
- Identifitseerides optilisi efekte nagu näiteks miraaže või teisi moonutusi, mis tekivad läbi valguse peegeldumise või murdumise.

Hariduslik seos

Vastavalt meie ekspertide poolt öeldule, ei ole olemas lihtsat viisi, kuidas tutvustada valguse olemust ja omadusi kooli õppekava raames. Oluline on alustada osakeste-laadsest mudelist kooli algastmes (6 – 12) ja jätkata lainelise mudeliga keskastmes (12 – 18).

Ilmsed seoses optika ja fotoonika vahel on need, mis seovad matemaatika, füüsika ja tehnoloogia, STEM-i põhiollemuse. On ka olemas muid seoseid:

- Bioloogia: optika ja fotoonika aitavad seletada fotosünteesi põhimõtteid taimedes, lillede värvides ja silma füsioloogias.
- Filosoofia: *nägemise* enda idee võib pakkuda mõningaid filosoofilisi aspekte nagu ilu subjektiivsus.
- Kunstid ja humanitaarteadused: paljud kunstilised väljendused sõltuvad valgusest, nagu näiteks eelpoolmainitud fotograafia, aga ka maalimine, arhitektuur või ka esinemine võib olla paljuski valguse poolt mõjutatav.

Praktilised näited

Üks olulisemaid teemasid, mis meie eksperdid tõstatisid, mis puudutab optika ja fotoonika õpetamist, on valguse mitte-intuiitsuse mõiste. Tänu sellele tuleb seda õpetada äärmise ettevaatlikkusega ja omades selget hariduslikku plaani.

Seetõttu ei sobi iga praktika ega analoog. Tugevalt soovitatakse anda edasi tugevad baastadmised niiniimetatud klassikalise optika kohta:

Valguse levimine – Idee sellest, et valgus liigub punktist A punkti B sirgjooneliselt. See võib olla ilmne täiskasvanu jaoks, kuid lapse jaoks võib olla see keeruline mõista, kuna liikumist pole realselt näha.

Baasomadused – Valguse peegeldumine ja murdumine, kergesti selgitatav osakestest loodud kiire vaatenurgast.

Valguse märkamine ja nägemine – Valgust ei emiteeri meie silmad, vaid see peegeldub valgusallika teel olevatelt objektidelt.

Peale seda kui baasarsusaamad on selged, võib tutvustada edasijõudnumaid kontseptsioone enne ülikooli toimuvate hilisemate kursuste raames:

Valguse laineline mudel – Difraktsioon/interferents ja värv kui valguse lainetest sõltuvad omadused.

Polarisatsioon – Elektromagnetilise laine pööramisnurk ja kuidas seda saab muuta või piirata.

Valguse kvantteooria – Piiratud ulatuses, mõiste footonitest kui energiapakettidest, mis võivad imenduda või eralduda energiatransformatsiooni käigus.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

NANOTEHNOLOOGIA

Kuna nanotehnoloogia asub kuskil füüsika, keemia ja tehnoloogia vahel, saaks selle õppimisest kasu soovides ühendada omavahel erinevaid STEM valdkondi.

Koostöös Jordi Diaz'iga (PhD keemias ja materjaliteaduses; Nanoeduca ja Nanoinventum koolide tegevuste asutaja; uurija asutuses Universitat de Barcelona).

Aluspõhimõtted

Nanotehnoloogia viitab mistahes tehnoloogilisele tegevusele, mis viiakse läbi skaalas ca 1 kuni 100 nanomeetrit, kus 1 nanometer (1nm) on üks tuhande-miljondik meetrit (või üks miljardik meetrit kui kasuta lühikest skaalat). See on aatomite enda skaala, kuna heeliumi diameeter on ligi 0,1nm.

Seega, nanotehnoloogilised rakendused on need, mis pakuvad äärmuslikke miniatuureerimisi või kasutavad ja korraldavad soovi korral ümber individuaalseid aatomeid. Insenerid leiavad sellel nanoskaalal muljetavaldavaid uusi materjalide omadusi nagu näiteks suurem tugevus, vähenenud kaal ja värvivariatsioonid, mis on seotud suurusega. Samalaadselt näitab nii mõnigi meile teadaolev materjali omadus nagu näiteks juhtivus või magnetism ootamatut käitumist kui vähendada see oma molekulitasemele.

Selleks, et selliseid manipulatsioone läbi viia, on välja arendatud spetsiaalsed tööriistad nagu näiteks kõrgeresolutsiooniline edastamise elektronmikroskoop (TEM) või skaneeriv tunnelmikroskoop (STM), võimsad seadmed, mis on võimelised realselt aatomeid "nägema". Teisest küljest on aatomijõumikroskoop (AFM) võimeline mitte ainult "nägema", aga ka realselt aatomeid ringi paigutama.

Tänapäeval on nanoskaalas arendatud rakendused laialdaselt kasutusel paljudes valdkondades nagu näiteks keemia, bioloogia, meditsiin, materjaliteadus ja inseneriteadus.

Nanotehnoloogia ajalooline taust

Nanoskaala praktilist mõju on ajaloo vältel jälgitud. Paljude pigmentide värv on seotud sisemiste pisikeste nanoosakestega. Damaskuse terase tugevust ja painduvust seostatakse süsinik-nanotorude tekkega sepiastamise ajal. Siiski on need vaatlused jäänud seletuseta tervete sajandite jooksul.

Idee, et nanoskaala oli eksperimenteerimiseks kättesaadav ja et aatomeid on võimalik soovi korral ringi paigutada, tõi esmakordselt välja Richard Feynman oma Caltech'is 1959. aastal peetud inspireeriva loengu "There is plenty of room at the bottom" (*eesti k. Põhjas on piisavalt ruumi*) käigus. Seda konverentsi peetakse kaasaegse nanotehnoloogia alguseks, terminit kui sellist mainiti esmakordselt 1974. aastal Norio Taniguchi poolt.

Vaatamata sellele, et tol ajal puudus tehnoloogia selleks, et arendada nanosakaala rakendusi, tõrjus Professor Feynman mistahes teoreetilisi piiranguid ja nägi ette mõningate selliste rakenduste võimalikkust, mis on tänasel päeval reaalsuseks saanud.

Nanotehnoloogia areng on olnud paljuski sõltuv võimekusest näha ja manipuleerida asju miniatuurses skaalas. Seega, selle täideviimise tähised on vastavuses skaneeritava tunnelmikroskoobi (STM) ja aatomijõumikroskoobi (ATM) leiutamise, mõlemad pärinevad 1980-ndate algusest.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

See uus tehnoloogia, mis on võimeline ümber paigutama üksikuid aatomeid, pandi esmakordselt tööle 1989. aastal kui IBM – skaneeritava tunnelmikroskoobi arendaja – kasutas sellist seadet hämmastava demonstratsiooni käigus, kirjutades oma akronüümi 35 xenon aatomiga niklist pinnale.

Paljud on arutanud aatomite ümberpaigutamise potentsiaalsetest kasutualadest nagu näiteks nanotehnoloogia inseneriteaduses ja nanorobotika. Siiski eksisteerib praegu vähe rakendusi ja tegemist on selgelt arendamisel oleva valdkonnaga.

Enamus praeguseid edusamme nanotehnoloogia vallas viitavad metallioonidega pindade nanokatmisega nagu näiteks hõbeda või kullaga selleks, et pakkuda olemasolevaid materjale täiustatud omadustega, või kujundada uusi molekule, millel on iseseisev võimekus end kokku panna selleks, et ehitada struktuure alt üles, just nagu seda teevad bioloogilised struktuurid.

Vaatamata lubatud tohututele kasudele, on viimasel ajal ilmnenud nanotehnoloogia kasutamise osas ka mõned murekohad. Raskemetallid nagu hõbe ja kuld on allaneelates või sissehingates teatavasti kantserogeensed. Samal moel on ilmnenud ka töendeid selle kohta, et süsinik-nanotorud võivad olla meie kopsudes niisama ohtlikud kui asbest.

Praktilised rakendused igapäevaelus

Olemasolevad nanotehnoloogilised rakendused on sellised, mis on kasutusel peamiselt masstootmises ja tööstuses nagu näiteks elektrooniliste komponentide miniatüürimine või katalüsaatorid, mis püüavad kinni kahjulikke molekule ja vähendavad saastatust. Tavaline kodanik ei ole sellest väga teadlik ja seega on nanomaailm igapäevaelu mõistes väheoluline.

Kuigi mõningane teadlikkus sellest, mis toimub väga väikeses skaalas võib avada meeli mõistmaks uusi reaalsusi, uusi paradigmasid ja aidata kaasa külgsuunalisele mõtlemisele. Kodanikud, kes on täielikult teadlikud meie maailma keerukast olemusest, võivad areneda loovamateks ja kriitilisemateks.

Hariduslik seos

Kuna nanotehnoloogia asetseb kuskil füüsika, keemia ja tehnoloogia vahel, saaks selle õppimisest kasu soovides ühendada omavahel erinevaid STEM valdkondi. Täpsemalt öeldes, kui lähenemine on praktiline, siis saavad lapsed tunnis eksperimenteerida magnetismiga kasutades rauavedelikke (ja vaadata magnetvälja 3D-s) või arutleda superhüdrofoobsete materjalide igapäevaste rakenduste üle.

Selles osas on mõningaid jõupingutusi tehtud, et nanotehnoloogilised tegevused jõuaksid koolidesse. “Nanoeduca” tööriistakast keskkoolidele (taotluse esitamise korral kättesaadav rahvusvaheliselt) on üks hea näide sellisest jõupingutusest, mis pakub kõiki vajalikke materjale ja juhiseid nagu ka terviklikku hariduslikku plaani selleks, et integreerida need tegevused klassiruumi.

Meid nõustanud eksperdid olid ühisel nõul, et tegevused nanomaailmas on väga oodatud, nii õpilaste kui õpetajate poolt, ja tagasiside on olnud väga positiivne. Õpetajate poolelt on tagasiside, et võimalus läheneda klassikalistele kontseptsioonidele teisest vaatenurgast on osutunud vägagi huvitavaks. Paljud õpetajad ei ole kursis kaasaegse teaduse ja tehnoloogia edusammudega ning töötamine areneva valdkonna baasteadmistega tõstab ka nende motivatsiooni.

Nanotehnoloogilised rakendused ületavad kaugelt STEM paradigma ja mõnikord suubuvad filosoofiasse, sotsiaalteadusesse ja lõpuks ka eetikasse. Kui mõelda näiteks väidetele, mis ütlevad, et mõned nanoosakesed võivad olla kahjulikud meile või keskkonnale. Kas see teema leiab lahenduse? Kuidas? Nanoosakeste taaskasutamine on osutunud päris keeruliseks. Kas kasud on suuremad kui riskid?



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

Teised teemad nanotehnoloogia ümber, mida võib kaaluda klassiruumis arutlemiseks on selle tehnoloogia kasutamise vajalikkus. Kui vajalik on kasutada nanokomponente igal pool? Kas see võib suurendada tehnoloogilist ebavõrdsust maailmas?

Praktilised näited

Kaitsmine ja säilitamine: nanomaterjalid on arendatud selleks, et aidata säilitada iidseid kunstiteoseid, nagu näiteks maale. Mitte ainult ei ühine need materjalid palju loomulikumat algupäraste objektidega, aga nad hoiavad paremini ära ka tulevast lagunemist paremini kui traditsioonilised meetodid.

Materjalide iseloomustamine: kuvamistehnikad, mis on arendatud nanomaterjalide uurimiseks, on kasutatavad ka teistes valdkondades, nagu näiteks kuriteopaigast leitud materjalide kindlaksmääramine või selgitades välja kunstiteose autorit.

Uued pigmendid: mõned nanoosakesed näitavad ühte või teist värvi olenevalt oma suurusest. See on viinud nanovärvide arendamiseni, millel on mitmeid rakendusi. Kvantpunktid, näiteks, mida kasutatakse molekulaarbioloogias selleks, et märgistada proteiine ja teisi molekule rakus ja uurida nende asukohta.

Nanoahelad: arengujärgus, võimekus miniaturiseerida ahelaid võimaldab neid integreerida mistahes materjalidesse, nagu näiteks riietesse. Kui see tehnoloogia on valmis, on oodata uut kantavate seadmete ajastut.

Nanorobotika: kujutatakse ette molekulaarseid masinaid, mis on täielikult programmeeritavad ja juhitavad koos tohutu rakenduste potentsiaaliga nagu näiteks meditsiinilised robotid, mis opereerivad meie kehas.

Allikad

Nanoeduca (Spanish website) <http://nanoeduca.cat/es/inicio/>

Nano.gov (2014) "Nanotechnology timeline". United States National Nanotechnology Initiative. Available online at: <https://www.nano.gov/timeline>

Phys.org (2014) "Nanomaterials to preserve ancient works of art". Available online at: <https://phys.org/news/2014-11-nanomaterials-ancient-art.html>



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

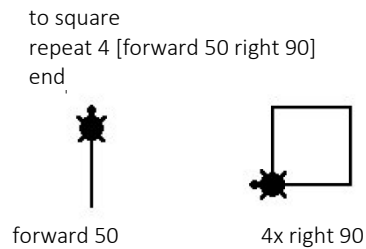
The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

LISA

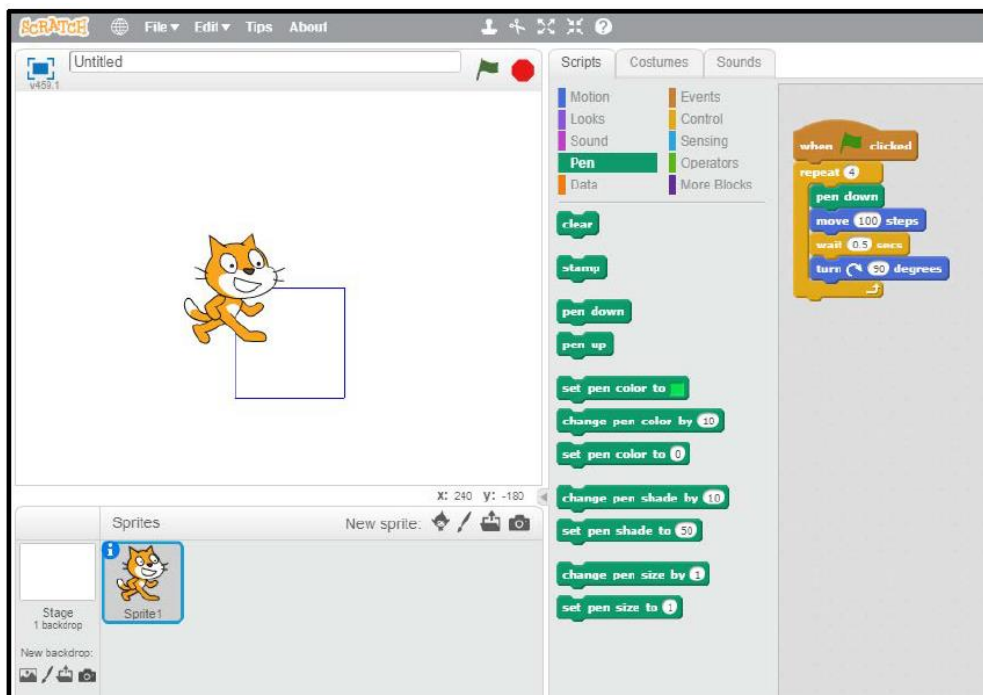
LISA 1

Erinevused süntaksil põhinevate programmeerimiskeelte ja blokkidel põhinevate programmeerimiskeelte vahel.

Kasuta **Log'i**, et joonistada 50 pixeli suuruse küljega ruut kordust kasutades. Keel on lihtsam ja esineb vähe süntaksit.



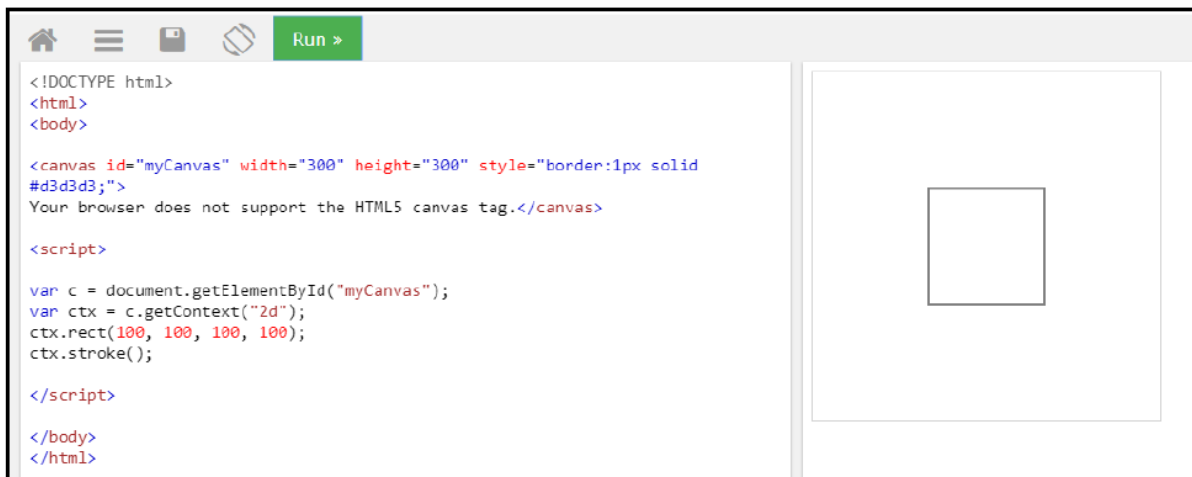
Kasuta **Scratch'i**, et joonistada 100 pixeli suuruse küljega ruut kordust kasutades. Nagu näha, siis puudub süntaksi kood ja seega pole võimalik teha ka koodivigu, ainult loogilisi programmeerimisvigu.



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).

Kasuta **JavaScript**'i (kombinatsioonis HTML5-ga), et joonistada 100 pixeli suuruse küljega ruut. Sellisel juhul ei kasutata kordust, kuna nelinurk on koheselt määratud. On näha, et keel on palju keerukam koos mitte-intuiitse süntaksiga ja integreeritud funktsioonidega (nagu *dokument* või *var*):



```
<!DOCTYPE html>
<html>
<body>

<canvas id="myCanvas" width="300" height="300" style="border:1px solid
#d3d3d3;">
Your browser does not support the HTML5 canvas tag.</canvas>

<script>
var c = document.getElementById("myCanvas");
var ctx = c.getContext("2d");
ctx.rect(100, 100, 100, 100);
ctx.stroke();
</script>
</body>
</html>
```



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The content of this publication does not reflect the official opinion of the Education Exchange Support Foundation, the European Union or its institutions. Responsibility for the information and views expressed in the publication lies entirely with the author(s).