

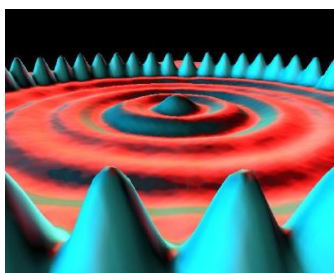


Sillaks tänapäeva füüsika  
ja nanotehnoloogia ettevõtete vahel

---

## Juhend õpetajatele

*Version 1b*



Lifelong  
Learning  
Programme

Projekti Quantum Spin-Off rahastab Euroopa Liit programmi LLP Comenius raames  
(540059-LLP-1-2013-1-BE-COMENIUS-CMP).  
Miriam Herrmann & Renaat Frans (2014)  
Kontakt: [miriam.herrmann@fhnw.ch](mailto:miriam.herrmann@fhnw.ch)  
[renaat.frans@khlime.be](mailto:renaat.frans@khlime.be)

## Sisukord

<b>1</b>	<b>Sissejuhatus</b> .....	<b>3</b>
1.1	Ülevaade projektist <i>Quantum Spin-Off</i> .....	3
1.2	Peatükkide struktuur.....	4
<b>2</b>	<b>Tutvumine nanomaailmaga</b> .....	<b>4</b>
2.1	Termin <i>nano</i> etümoloogia.....	4
2.2	Nanoskaala mõistmine.....	4
2.3	Nano igapäevaelus.....	5
<b>3</b>	<b>Õppemoodulid: kvantfüüsika – uued ideed maailma mõistmiseks</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Nanotehnoloogia õppemoodulid</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Nanoteaduse valdkonna publikatsioonid</b> .....	<b>8</b>
5.1	Publikatsioonide valik.....	8
5.2	Lugemismeetod.....	9
<b>6</b>	<b>Nanotehnoloogia ettevõtted – ärimudeli näidis (nn <i>Business Model Canvas</i>)</b> .....	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Kontaktide loomine õpilaste ja nanoteadlaste ning nanotehnoloogia ettevõtete vahel</b> .....	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Brošüür ja presentatsioon</b> .....	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>Ülevaade</b> .....	<b>12</b>
<b>Lisa</b>	.....	<b>13</b>

# 1 Sissejuhatus

Projekt *Quantum Spin-Off* tegeleb nanoteaduste valdkonnaga. Projekti raames viiakse õpetajad ja õpilased kokku nanoteaduse ja -ettevõtlusega, et inspireerida noori valima teaduse ja tehnoloogiaga seotud eriala. Projekt algas 2013. aasta detsembris ja kestab kaks aastat. Idee ühendada nanotehnoloogia ja õpilased sai alguse mitmeid aastaid tagasi Belgias, mil aktiivsed õpetajad rakendasid sarnast mõtet ning projekt osutus populaarseks. Seetõttu otsustati põnevad ideed üheskoos levitada neljas Euroopa riigis: Belgias, Šveitsis, Kreekas ja Eestis. Õpilastel on võimalik projektis osaleda ning valida selleks endale kõige meeldivam nanoteaduse teemadest, mis on väljavalitud valdkonna ekspertide poolt. Edasise tööna loevad õpilaste meeskonnad nanovaldkonna teadusartiklit – nii saadakse aimu teadustekstist. Teadusartikli põhjal koostavad õpilased enda uurimisprojekti ning viimase tulemuste rakendamiseks sobiva ärimudeli. Lisaks saavad projektis osalevad õpilasmeskonnad külastada nanotehnoloogia laborit ja ettevõtteid. Teemadega tutvumisel on abiks vastava valdkonna eksperdid Tartu Ülikoolist. Õpilaste meeskonna suurus on õpetaja ja õpilaste enda valik ning võib varieeruda mõnest huvilisest kuni terve klassini. Ülesandeid saab meeskonnaliikmete vahel jagada vastavalt nende huvidele ja tugevatele külgedele.

Projekti raames toimus juunis 2014. aastal esmalt õpetajate koolitus, kus tutvustati õpetajatele nanoteaduse valdkonda, projekti ning selles osalevaid teadusteemasid. 2014. aasta septembri lõpus toimub õpetajatele koos oma õpilasmeskondadega Spin-Up-päev ehk projekti avaseminarile, kus tutvustatakse projekti ja selles osalevaid ettevõtteid ning viiakse kokku õpetajad, õpilased ja nanoteaduse eksperdid. Õpilastel on võimalik projekte elluviia 2014/2015 õppeaastal. Projektis osalemine on tasuta. Projektide seast valitakse välja Eesti parim, mis konkureerib Quantum Spin-Off'i Euroopa auhinnale.

Käesolev õpetajate juhend töötati välja Euroopa Liidu Elukestva õppe programmi *Comenius* raames. Projektis osalevad partnerid Belgiast, Eestist, Kreekast ja Šveitsist. Peatükkide vahel võib teha valiku sõltuvalt huvist ja ajalistest võimalustest.

## 1.1 Ülevaade projektist *Quantum Spin-Off*

**Projekti eesmärk:** Koolide, teadlaste ning ettevõtete vaheliste kontaktide loomine nanoteaduses või nanotehnoloogiate valdkonnas.

**Kellele:** 10. kuni 12. klasside õpilastele loodusainete (nt füüsika, keemia) või valikkursuse (nt uurimistöö alused) tundide raames.

**Veebiaadress:** Juhendi õpetajatele saab alla laadida järgmiselt internetiaadressilt: <http://qs-project.ea.gr/en/content/teacher-guidelines>

**Külastused:** Õpilased külastavad nanoteaduse laborit ja nanotehnoloogia ettevõtet ning loovad vahetu kontakti teadlaste ja ettevõtetega.

**Kvantfüüsika:** Õpilased töötavad kvantfüüsika õppemoodulitega.

**Teaduspublikatsioonid:** Õpilased kasutavad nanoteaduse või nanotehnoloogia valdkonna teaduspublikatsioone, mis on ideaaljuhul seotud külastatud uurimislabori või nanotehnoloogia ettevõtete uurimisvaldkonnaga. Nad esitavad teadlastele küsimusi meili teel või Skype-is.

**Virtuaalne kõrvalettevõte:** Õpilased koostavad läbitöötatud publikatsiooni uurimistulemuste põhjal lihtsa äriplaani etteantud vormile. Koostatud äriplaani kindlal vormil käsitletakse siin projektis virtuaalse kõrvalettevõttena.

**Brošüür ja presentatsioon:** Õpilased koostavad brošüüri, mille põhjal toimub presentatsioon (20 min, 5-minutilised küsimused).

## 1.2 Peatükkide struktuur

Kõigi peatükkide põhistruktuur on järgmine:

1. Õpieesmärgid
2. Õppetöö etapp
3. Sisu
4. Didaktilised kaalutlused
5. Tegevused õpilastele ja õpetajale
6. Harjutused õpetajatele (haridus ja koolitus)

*Õpieesmärkide* teadvustamine toob õpilaste jaoks kaasa suurema läbipaistvuse ning aitab olla õppetöös edukam. *Õpieesmärgid* võib formuleerida kompetentsidena (tegevuse mingi aspekti sidumine teemaga). Alajaotuses *Õppetöö etapp* soovitatakse, millises õppetöö etapis vastavat teemat käsitleda. Teemat selgitatakse täpsemalt alajaotuses *Sisu*. Peatükk *Didaktilised kaalutlused* algab õpitulemuste teemalise tsitaadiga. Teadmiste ja tegevuste ühendamiseks soovitatakse *tegevusi* õpilastele ja haridus- ja koolituslaseid *harjutusi* õpetajatele.

## 2 Tutvumine nanomaailmaga

### 2.1 Termin *nano* etümoloogia

**Õpieesmärk:** ... Termin *nanoteadus* selgitus.

**Õppetöö etapp:** Sissejuhatus [õppetükk 1]

**Kirjandus:** *Kumar (2007) uuris 109 tulevase Austraalia õpetaja teadmisi nanotehnoloogiast. Uurimusest selgus muuhulgas, et tulevastel õpetajatel puudus piisav arusaam ... termini „nano“ etümoloogiast.*

**Õpetajate tegevused:**

Kuidas on sõna *nanoteadus* seotud kääbustega? Sissejuhatusena õppetsüklisse selgitab õpetaja termini *nano* etümoloogiat (päritolu). Kreekakeelne sõna *nanos* tähendab „kääbust“, millest on tuletatud eesliide *nano*.

### 2.2 Nanoskaala mõistmine

**Õpieesmärk:** ... nanoskaala tunnetamise arendamine.

**Õppetöö etapp:** Sissejuhatus [õppetükk 1]

**Kirjandus:** *Kumar (2007) uuris 109 tulevase Austraalia õpetaja teadmisi nanotehnoloogiast. Uurimusest selgus muuhulgas, et tulevastel õpetajatel puudus piisav arusaam nanoteaduse ja -tehnoloogia aluseks olevast füüsikalisest mastaabist, ... Kui õpetajatel puuduvad alusteadmised nanomeetrite suuruselt ja mastaabist, ei ole*

*selge, mil viisil nad saaksid mõista ja õpilastele õpetada, kuidas materjalid niisuguses miniatuurses mõõtkavas töötades teistmoodi käituvad ning tööriistad ja tehnikad erinevad.*

**Sisu:** Nanomaailm on abstraktne valdkond, sest nanoobjektid on väga väikesed ning nanotasandil toimuvaid protsesse ei ole võimalik otseselt jälgida. Nanodimensiooni tunnetamine ei ole automaatne. Nanodimensiooni mõistmise saab õpilastes välja areneda vaid harjutamise teel. Mikroskoobiga töötamisel toimuv haptiline tagasiside aitaks ideaalselt aru saada nanodimensioonist. Teine võimalus nanodimensiooni illustreerimiseks on võrdlused:

- Mitu korda on nanomeeter väiksem inimese juuksekarva läbimõõdust? Inimese juuksekarva läbimõõt on 0,1 mm. Nanomeeter on  $10^5$  (100 000) korda väiksem kui juuksekarva läbimõõt ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m} = 0,000000001\text{ m}$ ). Nanomeeter on ligikaudu sama suur kui kolm kulla aatomit.

Nanodimensiooni illustreerimiseks võib näidata ka filmi „**Powers of 10**“ (9 min, võib ka näidata vaid filmi teist poolt). Film on inglise keeles ja leitav aadressilt: <http://www.powersof10.com/film>

Mikroskoobid (AFM, STM, EM) on aken nanomaailma. Mikroskoopide kasutamine teeb võimalikuks nanomastaabis nähtuste mõistmise (nanoteadused) ning rakendamise (nanotehnoloogiad).

**Õpilaste tegevused:** Töötage välja oma idee, kuidas nanodimensiooni illustreerida. Idee peab olema piisavalt lihtne, et seda saaks tunnis viie minuti jooksul esitleda.

**Harjutused õpetajatele (haridus ja koolitus):** Milliseid keskeid küsimusi või ülesandeid saate õpilaste seoses filmiga „Powers of Ten“ esitada? Keskele küsimusele vastamisega peaksid õpilased saavutama järgmise õpieesmärgi: ... õppima nanodimensiooni tunnetama.

## 2.3 Nanoteadus igapäevaelus

**Õpieesmärk:** ... uute teadmiste (oskuste) sidumine igapäevaeluga (konstruktivistlik õpikäsitlus).

**Õppetöö etapp:** Sissejuhatus [õppetükk 1] või õpetajate haridus ja koolitus (*Spin-Up*-päev)

**Kirjandus:** *Me õpime, ehitades üles omaenda arusaamad, mis põhinevad meie ainulaadsetel kogemustel – see muudab ka meie arusaamad ainulaadseks. Sissetulevat uut informatsiooni võrreldakse meie varasemate kogemustega: millegi uue õppimist mõjutab see, mida juba teame. Me kohaldame oma varasemaid teadmisi uuele olukorrale: kui uus informatsioon ei sobi sellega, mida juba teame, siis tuleb meil ehk muuta suhtumist algsesse informatsiooni ning leida üles vaele arusaamad. Elworthy (2004)*

**Didaktilised kaalutlused:** Üldiselt puuduvad õpilastel veel igasugused kogemused nanoteadusega. Õppetsükli alguses võib nanotehnoloogiaid siduda õpilaste igapäevaeluga (võimalused toodud allpool). Seos noorte igapäevase eluga aitab neis äratada huvi nanoteaduste ja nanotehnoloogia vastu. Sellist õppeprotsessi toetab veelgi võimalus tugineda õpilaste varasematele kogemustele – võrrelda ja seostada värskest omandatud informatsiooni olemasolevate teadmistega.

**Õpilaste tegevused:** Õpilastele näidatakse tunnis nanotooteid. Õpilased peavad otsustama, millised nano-omadused on vastaval tootel:

- isepuhastuvad pinnad: nt suusapillid, pihustatav peeglipuhastusvahend, lootuseleht (ka kortsleht, kress, vesisalat, kurekell jne);
- nanohõbeda mikroobidevastane toime: nt rõivad, hõbemünt piima sees (vanasti pandi piima sisse hõbemünne, et pikendada selle säilivusaega, hõbemünt aeglustab bakterite paljunemist);

- materjalide paremad omadused tänu süsiniknanotorudele: nt tennisereket, jalgratta raam;
- pindade omadused: nt põrnika küütlevad tiivad, pärlikarp (nt meritigu), geko jalatallad.

Mäng Nanorama-Loft: Teil tuleb üles otsida 42 igapäevaelus kasutatavat toodet, mis sisaldavad nanomaterjali või on toodetud nanotehnoloogia abil. Iga toote jaoks on valikvastuste vormis ülesanded. Kolme vastusevariandi hulgast tuleb valida vastava toote õige nano-omadus. Mäng on leitav järgmiselt lingilt (inglise keeles): <http://www.swissnanocube.ch/nanorama/?L=3>

**Kodutöö õpilastele:** Õpilased võivad tundi kaasa võtta kodust leitud nanotooteid. Alternatiiv: õpetaja toob tundi nanotooteid.

Link igapäevaelus kasutatavatele nanotoodetele (inglise keeles): <http://www.swissnanocube.ch/en/products-applications/>

**Harjutused õpetajatele (haridus ja koolitus):** Mõõdukalt konstruktivistliku õpikäsitluse kohaselt sobivad igapäevaelust pärinevad esemed hästi tunnis uue teema õpetamise alustamiseks. Õpilased saavad uued teadmised üles ehitada juba olemasolevatele kogemustele nanotoodetega.

Õpetajana töötate välja ülesande, lühikese õppetsükli nanotoodete kohta, mis on õpilastele igapäevaelust tuttavad. Koolituse käigus testite enda koostatud õppetsükli. Teised osalejad annavad teile järgmiste kriteeriumide põhjal tagasisidet:

- õpilaste aktiivne kaasamine,
- seos igapäevaeluga,
- idee originaalsus.

### 3 Õppemoodulid: kvantfüüsika – uued ideed maailma mõistmiseks

**Õpieesmärk:** ... selgitada materjalide eripärast käitumist nanotasandil.

**Õppetöö etapp:** Viis õppemoodulit kvantfüüsika teemal [õppetükid 2 kuni 8]. Sõltuvalt ajalistest võimalustest võib teha õppemoodulite hulgast teatud valiku (nt I õppemoodul koos nr 1&2, II õppemoodul, III õppemoodul ilma elektromagnetväljadeta, IV õppemoodul koos nr 1&2).

**Sisu:** Nanomaailma mõistmiseks on vaja uut moodi füüsikat. Tunnis seostatakse nanoteadused olemasolevate teaduslike mõistetega. Rõhutatakse materjalide eripärast käitumist nanotasandil.

**Õpilaste tegevused:** Õpilased töötavad viie õppemooduliga.

#### 1. OSA: MIKS KVANTFÜÜSIKA?

I. õppemoodul: seletamatud nähtused?

II. õppemoodul: mis on valgus?

III. õppemoodul: valgus lainetena: mis on need lained?

IV. õppemoodul: laine ja osakese duaalsus – kvantväljade kvandid

V. õppemoodul: vesiniku aatomispektri selgitamine kvantmehaanika abil

**Teaduslikud kaalutlused:** Oluline on iga õppemooduli alustamine nähtustega, mida ei saa traditsioonilise füüsika abil seletada, nt:

- kahe pilu katse, mida ei saa seletada osakese klassikalise trajektoori mudeliga;
- elementide diskreetsed spektrijooned, mida ei saa seletada Rutherfordi klassikalise aatomimudeliga. Seetõttu sai hädavajalikuks uutmoodi arusaam loodusnähtustest.

V. õppemoodulis (Belgia) saavad õpilased Prantsuse füüsiku *Louis De Broglie* kvantmudeli abil välja arvutada vesiniku aatomispektri lainepikkuste sageduse (rohkem kui 3 komakoha täpsusega!). *De Broglie*'d inspireerisid muusika harmooniad ning seda ideed kasutati V. õppemoodulis didaktilise analoogina. Mõne õpilase jaoks võib viimane ehk V. õppemoodul olla mõnevõrra raske. Kui õpilased selle aga omandavad, kogevad nad ise võimalikkust maailma teadusliku teooria abil (osaliselt) seletada.

Kui aega on piisavalt, töötavad õpilased 3. osa viie õppemooduliga: seejuures kogevad nad enda poolt läbi viidavate katsete käigus mõningaid kvantnähtusi ning valguse omadusi.

### 3. OSA: PRAKTILISED TEGEVUSED

1. Keemiliste elementide diskreetne aatomispekter
2. Plancki konstandi mõõtmine LED-lambi abil
3. Valguse difraktsioon juuksekarva näitel
4. Elektronide difraktsioon süsiniku kristalli näitel

**Töö kooli laboris:** Lisas on toodud ülesanded (koos lahendustega), mis on mõeldud tööks kooli laboris.

**Harjutused õpetajatele (haridus ja koolitus):** Milles seisnevad metoodilis-didaktilise kontseptsiooni eelised (teema õpetamine õppemoodulite abil)? Milline on õpetaja roll sel ajal, kui õpilased tunnis õppemoodulitega töötavad?

## 4 Nanotehnoloogia õppemoodulid

**Õpieesmärk:** ... kvantfüüsika mõistete praktiline rakendamine tehnoloogias.

**Õppetöö etapp:** [õppetükid 9-10]. Tehnoloogia teemalised õppemoodulid, mis põhinevad kvantmehaanika omadustel. Ajanappuse korral tuleb järgnevate õppemoodulite hulgast teha valik.

**Sisu:** *Nanotehnoloogia: Tehnoloogia* on vahend, mille abil inimesed kujundavad oma vajadustele vastava keskkonna. *Nanotehnoloogiat* rakendatakse sellistes valdkondades nagu biomeditsiin (nt diagnostika, ravimite manustamine), nanoelektronika (nt väikesed transistorid) ja uued materjalid (nt tugevad ja kerged nano-omadustega materjalid või superhüdrofoobsed pinnad).

*Nanouuringud: Loodusteaduste* edu põhineb faktil, et teaduslike teooriate abil, mida saab loodusnähtuste peal katsetada, on võimalik luua ennustuste tegemist võimaldavaid terviklikke selgitusi. Füüsikaseadused kirjeldavad vaadeldavate nähtuste vahelisi formaalseid seoseid. *Nanoteadused (nanouuringud)* on interdistsiplinaarne teadusvaldkond (füüsika, keemia, bioloogia ja materjaliteadus), mis tegeleb nanodimensiooni objektidega.

*Interdistsiplinaarsus: Interdistsiplinaarsus* on *sügavalt sobiv* nanoteadustele ja nanotehnoloogiale. Nanoteadlased ja nanotehnoloogid teevad teadusliku progressi nimel tihedat koostööd.

Projekt *Quantum Spin-off* on interdistsiplinaarse ülesehitusega:

- nanoteadus (interdistsiplinaarsete uuringutega seotud teadustööd ja patendid);
- nanotehnoloogia (uurimistulemuste rakendamine tehnoloogias);
- virtuaalse nanotehnoloogia ettevõtte asutamise majanduslikud aspektid (*ärimudeli näidis*).

**Õpilaste tegevused:** õpilased töötavad 2. osa valitud õppemoodulitega: kvantomadused ja kvanttehnoloogia.

## 2. osa: KVANTOMADUSED & KVANTTEHNOLOOGIA

VI. õppemoodul: fotoefekt ja selle rakendamine

VII. õppemoodul: spinn ja selle rakendused

VIII. õppemoodul: pooljuht

IX. õppemoodul: tunneliefekt

X. õppemoodul: kvanttehnoloogia nanolabor (nt Šveitsis: Baseli ülikool ja ettevõtte Nanosurf AG Liestali linnas, Eestis: Nanotehnoloogiarenduskeskus)

2. osa õppemoodulid selgitavad, kuidas 1. osa esimeses viies õppemoodulis käsitletud kvantfüüsika mõisteid – mis näivad küll esmapilgul üsna filosoofilised – igapäevases tehnoloogias rakendatakse. Ilma kvantfüüsika uute avastusteta ei oleks meil ei elektroonikat, päikeseelemente, magnetresonantstomograafe ega nanomaterjale. Seepärast on selline uus vaatenurk loodusele peaaegu kõigi tänapäeva (jätkusuutlike) tehnoloogiade keskpunktis. Ka elu ise (nt fotosüntees) põhineb kvanttasandil toimuvatel valguse ja aine vastastikmõjudel. Seega võib öelda, et „väikeste asjade füüsikana“ (*physics of small things*) alguse saanu on tegelikult kõigi asjade keskmes.

X., kvanttehnoloogia teemalise õppemooduli on välja töötanud nelja osaleva riigi (Belgia, Eesti, Kreeka, Šveits) projektipartnerid ning kohandanud osalevate asutuste uurimisvaldkondadele.

## 5 Nanoteaduse valdkonna publikatsioonid

### 5.1 Publikatsioonide valik

**Eesmärk:** Teaduspublikatsioonide valimisel on peetud oluliseks soostereotüüpide lõhkumist.

**Õppetöö etapp:** Töö publikatsioonidega [õppetükid 11-14]

**Kirjandus:** Teaduspublikatsioonide valik on riigispetsiifiline.

**Sisu:** Tüdrukud ja naised huvituvad uutest tehnoloogiatest, kui nad tajuvad nende kasulikkust ühiskonnale.

Tüdrukuid huvitavad eriti just interdistsiplinaarsed teemad:

- elektroonika tervishoiusektoris;
- biomeditsiini valdkonna rakendused, näiteks ravimite manustamine või diagnostika;
- energiasäästlikud tehnoloogiad, näiteks päikeseelemendid.



Ideaaljuhul antakse õpilastele ingliskeelne originaalpublikatsioon koos emakeelse populaarteadusliku publikatsiooniga samal teemal. Sel viisil on keelebarjäär väiksem ning erialane temaatika tuuakse õpilasteni nende endi tasemel.

## 5.2 Lugemismeetod

**Õpieesmärk:** ... lugemismeetodi SQ3R rakendamine.

**Õppetöö etapp:** Teaduspublikatsiooni lugemine

**Õpilaste tegevused** meetodi SQ3R rakendamisel

**Uurige:** Omandage kogu tekstist ülevaade, lugege läbi vastavad pealkirjad ning tutvuge illustratsioonide ja tabelitega (ning nende allmärkmetega).

**Küsige:** Formuleerige pealkirjad küsimuste kujul.

**Lugege:** Teksti lugemisel:

- tõstke värviliselt esile olulised märksõnad ja laused (vajadusel kasutage mitut värvi);
- tõlkige sõnastiku abil arusaamatud ingliskeelsed sõnad emakeelde;
- tehke õpetaja/interneti/teadlaste abi kasutades selgeks tehnilised terminid;
- esitage oma õpetajale või teadlastele publikatsiooni sisuga seotud küsimusi.

**Korrake:** Tehke kokkuvõtte (nt märkmete, ideekaardi (*mind-map*) või mõistekaardi (*concept-map*) vormis).

**Avaldage arvamust:**

- Mõelge, kuidas oleks võimalik uurimistulemusi rakendada.
- **Ajurünnak:** Kuidas saaks uurimistulemusi kasutada virtuaalses nanotehnoloogia ettevõttes?

**Lõpuks:**

- Võtke publikatsioon kolme põhilausega kokku.
- Võite oma põhilauseid esitada mõnele rühmaliikmele.

## 6 Nanotehnoloogia ettevõtted – ärimudeli näidis (nn *Business Model Canvas*)

**Õpieesmärk:** ... virtuaalse nanotehnoloogia ettevõtte asutamine.

Virtuaalse nanotehnoloogia ettevõtte asutamisel rakendatakse publikatsioonis esitatud uurimistulemusi.

**Õppetöö etapp:** Ärimudeli näidis (*Business Model Canvas*) [õppetükid 15-16]

**Sisu:** Sissejuhatus: ettevõtte asutamise lugu, nt Nanosurf AG Šveitsi linnas Liestalis. Lugu räägib kolmest füüsikatudengist, kes asutasid oma nanouuringute valdkonnas tehtud tööle tuginedes rahvusvahelise firma.

Kahelt järgnevalt lingilt leiate kaheminutilise animeeritud ärimudeli näidise selgituse (inglise keeles):

1. <http://www.businessmodelgeneration.com/canvas>
2. <http://www.youtube.com/watch?v=VfqEhQRMG1s>

Ärimudel koosneb järgmistest osadest:

- tootjad (põhipartnerid, põhitegevused, põhiressursid);
- toode;
- kliendid (kliendisuhted, kliendisegmenid, müügikanalid);
- kulud ja tulud.

**Õpilaste tegevused:** Ajurünnak teemal *ärimudeli näidis*

- Kuidas saab publikatsiooni uurimistulemusi rakendada tehnoloogias?
- Kuidas saab ettevõtte uut tehnoloogiat turundada? Vastake küsimusele ärimudeliga (*ärimudeli näidis*).

*Ärimudeli näidise* vormi võib suurendada A3-formaadis paberile. Õpilased kirjutavad oma ideed paberile otse ärimudeli erinevate osade alla (käsitsi, kleebitavate piltide või märkmepaberitega).

**Harjutused õpetajatele (haridus ja koolitus):** Milliste meetoditega saaks hõlbustada *ärimudeli näidise* teemat ajurünnakut? Tehke konkreetseid ettepanekuid.

## 7 Kontaktide loomine õpilaste ja nanoteadlaste ning nanotehnoloogia ettevõtete vahel

**Õpiesmärk:** ... kontaktide loomine nanoteadlaste ning nanotehnoloogia ettevõtetega.

**Õppetöö etapp:** nanolabori ja nanotehnoloogia ettevõtte külastamine (nn *Spin-Up-päev*, *Spin-Off-päev* ja/või külastused teistel kuupäevadel)

**Kirjandus:** *Falloon (2013) väidab, et võrdse partnerluse saavutamine teadlaste ja õpetajate maailmade lõikepunktis on problemaatiline ning et teadlased peaksid sellise kahepoolse suhtluse puhul pigem proovima tulla vastu koolidele.*

*Tulemused näitavad, et erinevused teadmistes, õppekava- ja koolisüsteemid ning nendega seotud küsimused, õpetajate töö efektiivsus ja teaduslased teadmised mõjutavad oluliselt partnerluse loomise protsessi.*

Selleks, et kooliväliste õppepaikade (nt nanolabori, nanotehnoloogia ettevõtte) külastamine aitaks õppetöös edukas olla, tuleb väljasõiduks tunnis valmistuda ning saadud kogemused ka hiljem läbi töötada. Kuidas saaks nanolabori/nanotehnoloogia ettevõtte külastamist kasutada projektis *Quantum Spin-Off*?

- X. õppemooduliga töötamine (kvantfüüsika mõistete rakendamine tehnoloogias);
- õpilased valmistavad ette küsimused, mida nanoteadlastelt küsida;
- pärast külastust jäävad õpilased teadlaste ja ettevõtetega meili teel suhtlema (õpilased esitavad küsimusi teaduspublikatsiooni kohta ning uurimistulemuste kasutamise kohta virtuaalses kõrvalettevõttes).

**Õpilaste tegevused:**

Küsimused teadlase õpilastele tutvustamiseks:

- Kas Te räägiksite meile oma karjäärist ja tööst siin nanolaboris?
- Mis Teid nanoteaduste juures köidab?
- Miks Te osalete projektis „Quantum Spin-Off“?
- Külastuse lõpus: millised on Teie muljed õpilaste külaskäigust nanolaborisse?

Küsimused õpilaste arvamuste ja kogemuste kohta:

- Mida te nanolabori külastuselt ootate?
- Mis küsimusi te nanoteadlaselt küsida tahate?
- Külastuse lõpus: mida te täna nanoteadlaste töö kohta õppisite?

**Harjutused õpetajatele (haridus ja koolitus):** Seoses külastustega koolivälisesse õppepaikadesse, näiteks nanolaboritesse ja nanotehnoloogia ettevõtetesse.

Kuidas saaksid õpetajad täita õpilaste ja teadlaste vaatenurki vahendavat rolli?

**Kirjandus:** *Esiteks peab partnerlustele aluseks oleva pedagoogilise mudeli suhtes valitsema järjekindlus, üksmeel ja arusaamine ning need mudelid peaksid olema kooskõlas õpilasi ja nende panust väärtustavate kaasaegsete õpikäsitlustega. Teiseks peaksid teadlased olema valmis töötama täielikult õpetajate ja koolidega kaasnevate piirangute ja kitsenduste olukorras. Kolmandaks tuleb leppida sellega, et suure tõenäosusega ei ole seesugustest partnerlustest olulist kasu teadlaste tööle ning need meenutavad pigem abistamise ja teavitamise eesmärgiga algatusi. (Falloon 2013)*

### **Juhised nanoteadlaste ja nanotehnoloogia ettevõtetega kontaktide loomiseks:**

Otsige nanouuringute laboreid või nanotehnoloogia ettevõtteid, võimalusel kooli lähedal asuvaid (vt projektis *Quantum Spin-Off* osalevate riikide eraldi kontaktiloendit).

Õpetaja loob esmakontakti: Teadlased ja ettevõtjad tuleb viia kurssi õpilaste õpitingimuste ja -vajadustega. See hõlmab õpilaste eelnevaid tehnilisi teadmisi ning võimalusi, kuidas õpilaste esmakülastuse programm siduda nende igapäeva eluga. Füüsik kõneleb oma karjäärist ning sellest, mis teda paelub nanoteaduste juures. Ettevõtja räägib enda firma asutamisest ning selgitab ettevõtte edukuse võtit.

Külastuse ettevalmistamine: Programm, eesmärk (tutvumine nanolabori ja nanotehnoloogia ettevõttega), õpilased võivad ette valmistada oma küsimused, mida nad teadlastelt või ettevõtjatel küsida soovivad.

Külastus: Ideaaljuhul on õpilastel külastuse jooksul aktiivne roll, nad:

- esitavad/vastavad küsimustele: nt uurimislaboris nähtud esemete kohta;
- viivad ise mõne katse läbi või teevad märkmeid näidiskatse kohta;
- teevad märkmeid lühiettekande kohta;
- jäädvustavad külastust enda tehtud fotode (kui see on lubatud) või kommentaaride vormis.

Teadlaste ja ettevõtjate vaatepunktist on külastuse kasuteguriks noorte teadlaste järelekasv.

Külastusele järgnev suhtlus teadlastega: Kuidas saaks meilide arvu ja stiili kontrollida, et tagada õpilaste ja teadlaste vaheline sobilik ja viisakas suhtlus? Kuidas saab õpetaja mõjutada teadlaste ja õpilaste vahelist meilisuhetust nii, et õpilased ei saadaks liiga palju või liiga vähe meile?

- Määrake kindlaks meilide arvu sobilik vahemik (kogemused on näidanud, et õpilased saavad teadlastele pigem vähe meile).
- Arutage õpilastega meilisuhetuse viisakusväljendeid: pöördumine, lõpufraas, tänamine.
- Talletage õpilaste ja teadlaste vaheline kommunikatsioon koostatava brošüüri lisa (nt küsimuste ja vastuste loetelu).

Lisaks elektroonilisele kirjavahetusele võivad teadlased ja õpilased suhelda ka Skype-is või sel viisil, et teadlane külastab ise kooli.

Ärimudeli näidis pärast nanotehnoloogia ettevõtte külastamist: *Ärimudeli näidise* võib ära täita ka nanotehnoloogia ettevõtte külastuse käigus ning ettevõtja abiga (vt 6. peatükk: Nanotehnoloogia ettevõtted – *Ärimudeli näidis*).

## 8 Brošüür ja presentatsioon

**Õpieesmärk:** Koostada brošüür ja presentatsioon *Spin-Off*-päevaks [õppetükid 17-18 ja kodutööna].

**Brošüür:** Õpetaja võib vastavalt ajalistele võimalustele brošüüri pikkuse nõudeid muuta.

Projekti *Quantum Spin-Off* brošüüri võimalik sisukord:

1. Sissejuhatus
2. Publikatsiooni uurimistulemused
3. Uurimistulemuste tehnoloogiline rakendamine
4. Kõrvalettevõtte asutamine
5. Seisukohavõtt uurimistulemuste kõrvalettevõttes rakendamise teemal (nt mõju ühiskonnale, „pilk tulevikku“, kasude ja riskide kaalumine)
6. Lisa: teadlastele esitatud küsimuste ning neile saadud vastuste loetelu

Brošüüri hindamise kriteeriumid: tehniline täpsus, arusaadavus, terviklikkus, kujundus /küljendus

**Presentatsioon:** nt PowerPointi presentatsioon

Aega ühe grupi jaoks: nt 20 min, 5-minutilised küsimused

Sisu: vt „brošüür“

Hindamiskriteeriumid: tehniline täpsus, esitus, esitlusvahendite (meediumite) kasutus, küsimustele vastamine. (Hindamiskriteeriume võib muuta.)

## 9 Ülevaade

**Õpieesmärk:** Ülevaade

**Õppetöö etapp:** Kokkuvõte [õppetükk 18]

**Küsimus:** Mida te projektis „Quantum Spin-Off“ osalemisest õppisite? Küsimusele võib vastata kas suuliselt või kirjalikult.

## Lisa

### A Kirjandus

Elworthy, A. (2004). Constructivist theory of learning. *Interaction*, 18(2), 28.

Fallon, G. (2013). Forging school-scientist partnerships: A case of easier said than done? *Journal of Science Education Technology* 22(2), 858-876.

Jones, M.G. et al. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490-1512.

Kumar, D.D. (2007). Nanoscale science and technology in teaching. *Australian journal of Education in Chemistry*, 68, 20-22.

### B Töö kooli laboris

Võimalusel lisatakse siia ülesannete näidiseid tööks kooli laboris.

### C IKT-tööriistad

Järgnevatelt veebilehtedelt leiate IKT-tööriistu, mis toetavad õpilaste õpiprotsessi (inglisekeelsed):

- [www.swissnanocube.ch](http://www.swissnanocube.ch) (nanotehnoloogia ja hariduse platvorm)
- [www.youtube.com/watch?v=hAGP2sayis0](https://www.youtube.com/watch?v=hAGP2sayis0) (katse: grafeen ja patareid, grafeenilehed ja kleepribad)

### D Nanotehnoloogia ettevõtete ja nanolaborite kontaktandmed

Nanolaborid:

- Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi laborid: <http://www.fi.ut.ee/et/laborid>
- Nanotehnoloogia Arenduskeskus: <http://encc.ee/>

Järgnevalt on toodud andmed nii nanoteaduse uurimiskeskustest kui ka nano- ja/või kõrgtehnoloogiate kasutatavatest ettevõtetest. Kontaktide nimekirja abil saavad õpetajad luua otseseid suhteid teadlaste ja ettevõtetega.

#### 1.1. Ülikool

Institutsioon	Kontaktandmed	Nanoteaduse valdkond
Tartu Ülikool	Rünno Lõhmus <a href="mailto:runno.lõhmus@ut.ee">runno.lõhmus@ut.ee</a> tel: +372 737 4723	Nanostruktuuride füüsika labor, Materjaliteaduse osakond, Füüsika instituut, Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
	Maarika Lukk <a href="mailto:maarika.lukk@ut.ee">maarika.lukk@ut.ee</a> tel: (+372) 50 39 780 ja (+372) 737 6022	Haridustehnoloogia keskus, Haridusteaduste instituut, Sotsiaal- ja Haridusteaduskond

## 1.2. Rakenduskõrgkoolid

Institutsioon	Kontaktandmed	Nanoteaduse valdkond
-	-	-

## 1.3. Ettevõtted

Institutsioon	Kontaktandmed	Nanoteaduse valdkond
Eesti Nanotehnoloogiate Arenduskeskuse AS	Rünno Lõhmus <a href="mailto:runno.l6hmus@ut.ee">runno.l6hmus@ut.ee</a> telefon: +372 737 4723	Pakub nanotehnoloogilisi uuringuid ja uuendusi peamiselt tootmisettevõtete, kes on nende partnerid, toetusel. Lihtsamalt saab öelda, et nende eesmärk on teha teadust, mis annab otsese väljundi tööstusesse, nt minevikus ja praegu arendatav targa klaasi projekt, mis on jõudmas industrialiseerimise etappi.
Estiko Plastar AS Tehase 16 Tartu, Estonia	Anne Ladva <a href="mailto:anne@estiko.ee">anne@estiko.ee</a> telefon: +372 7 308 376	Toodab kilepakendeid toiduaine-, turba-, ehitusmaterjalide ja muule töötlevale tööstusele, samuti mitmesuguseid plastmasstooteid.
Andrese Klaasi AS Betooni 9 Tallinn, Estonia	Gerd Veelma <a href="mailto:gerd.veelma@andres.ee">gerd.veelma@andres.ee</a> telefon: +372 50 99 680 ja +372 60 61 320	Tegeleb ohutus- ja turvaklaaside tootmise ning müügiga, samuti pakub erinevaid mõõtulõigatud matt-, muster- ja toonklaase ning peegleid.
Flydog Solutions OÜ Energia 6a Tallinn, Estonia	Andri Laidre <a href="mailto:andri@flydogmarine.com">andri@flydogmarine.com</a> telefon: +372 565 5008	Idufirma, mis tegeleb uuenduslike mereseiretehnoloogiate arendamisega
Saint-Gobain Ehitustooted AS Peterburi tee 75 Tallinn, Estonia	Ain Inno <a href="mailto:ain.inno@e-weber.ee">ain.inno@e-weber.ee</a> telefon: +372 620 9529 ja +372 50 333 04	Tegeleb peamiselt isolatsioonimaterjalide, kipsmaterjalide müügi ning kergkruusa, kergkruustoodete, ehituslike kuivsegude tootmise ja müügiga.
Tarmetec OÜ Ringtee 6 Tartu, Estonia	Britta Peetso <a href="mailto:britta.peetso@metec.ee">britta.peetso@metec.ee</a> telefon: +372 7385 071	Toodab roostevabast terasest lisavarustusdetalle sõidu- ja veoautodele. Lisaks valmistab Tarmetec roostevabast terasest ja tehnilistest plastidest tooteid nii meditsiini- kui toiduainetööstusele, samuti erinevatele veesõidukitele.
AS Baltoil Männi 1, Roiu, Haaslava vald Tartumaa, Estonia	Pekka Mononen <a href="mailto:pekka@baltoil.ee">pekka@baltoil.ee</a> telefon: +372 50 40 610	Lisaks mitmesuguste toodete maaletoomisele ja hulgimüügile tegeleb erinevate õlide ja kemikaalide segamise ja pakendamisega. Omatoodangut eksporditakse EL-i riikidesse.