

[illegible]

Opetusmoduuli; 20.8.2019

Elina Palmgren, Antti Laherto, Kimmo Tuominen ja Tuomas Puranen
Helsingin yliopisto, Suomi

Tiina Ranta-aho, Johanna Jauhiainen ja Timo Kärkkäinen
Helsingin normaalilyseo, Suomi



It's your time to imagine the futures

The project is co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union. Grant Agreement n° 2016-1-IT02-KA201-024373.





The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Grant Agreement n° 2016-1-IT02-KA201-024373





Moduulin yleiskatsaus

Tämän moduulin tavoitteena on kehittää toisen asteen opiskelijoiden tulevaisuusajattelun taitoja, mielikuvitusta ja yhteiskunnallista toimijuutta kvanttilaskennan ja tietotekniikan tulevaisuuden konteksteissa. Koko moduulin kesto on noin 20 opetustuntia, mutta se sisältää yksittäisiä aktiviteetteja, joita voidaan käyttää yksittäin tietokoneisiin, kvanttimekaniikkaan, systeemiajatteluun ja skenaarioiden kehittämiseen liittyvän opetuksen järjestämisessä.

Opiskelijat oppivat tietotekniikan historiallisesta kehityksestä, sen yhteydestä yhteiskunnalliseen kehitykseen sekä teknologisen tulevaisuuden ennustamisen kompleksisuudesta. Opiskelemalla eri kantalukujärjestelmiä, loogisia operaatioita, algoritmeja ja tietokoneen komponentteja opiskelijat valmistautuvat siirtymään laskentaparadigmasta toiseen ja korvaamaan bitit kubiteilla, eli kvanttibiteillä. Kvanttiominaisuuksiin tutustuminen "spin first" -lähestymistapaa käyttäen tasoittaa tietä kvanttialgoritmien ymmärtämiselle ja kvanttietokoneiden ylivoimaiseen laskentatehoon sekä niiden tarjoamiin tulevaisuuden mahdollisuuksiin perehtymiselle.

Moduulin aikana opiskelijat työstävät valitsemastaan kompleksisesta ongelmasta omia "tulevaisuusprojektejaan". Ongelmanratkaisun tukena he pääsevät tekemään luovaan ajatteluun, ongelman määrittämiseen ja kartoittamiseen, systeemiajatteluun ja skenaarioiden laatimiseen liittyviä tehtäviä. Lisäksi he käyttävät kolmea erilaista tulevaisuusajattelun tapaa skenaarioiden kehittämiseen. Moduulin lopuksi opiskelijat esittelevät projektinsa – eli tietotekniikkaan pohjautuvan ratkaisunsa johonkin yhteiskunnalliseen ongelmaan – käyttämällä tehokasta "backcasting"-menetelmää.

Sisällys

Moduulin yleiskatsaus.....	2
Ensimmäisen suomalaisen moduuli-implementaation aikataulu.....	4
Aktiveettien sijoittuminen moduulirakenteeseen.....	4
Ennakkotehtävä	5
AKTIVITEETTI 1: Johdantoluento.....	6
AKTIVITEETTI 2: Johdatus tulevaisuusajatteluun	8
AKTIVITEETTI 3: Tulevaisuusprojektit	11
AKTIVITEETTI 4: Luovan ajattelun perusteet	14
AKTIVITEETTI 5: Elektroninen tietokone	17
AKTIVITEETTI 6: Tietoa bitteinä.....	20
AKTIVITEETTI 7: Tietokoneen osat	23
AKTIVITEETTI 8: Tietokoneen toiminta	26
AKTIVITEETTI 9: Algoritmit	28
AKTIVITEETTI 10: Back to the Future	31
AKTIVITEETTI 11: Johdatus kvanttimekaniikkaan	35
AKTIVITEETTI 12: Ongelman kartoittaminen ja systeemiajattelu.....	39
AKTIVITEETTI 13: Kvanttilaskenta	43
AKTIVITEETTI 14: Deutschin algoritmi.....	47
AKTIVITEETTI 15: Skenaariot	50
AKTIVITEETTI 16: Backcasting	53
VAIHTOEHTOINEN AKTIVITEETTI 1: Klassisten tietokoneiden lyhyt historia.....	57
VAIHTOEHTOISET AKTIVITEETIT 3 & 4: Kahden kubitin systeemit ja kryptografia.....	60
VAIHTOEHTOINEN AKTIVITEETTI 5: Teleportaatio vertailuna kokeen ja piirin välillä	63
LIITE: Moduuli-implementaatio ja aktiveettien implementaatiojärjestys Italiassa.....	70
Moduuli-implementaatio Italiassa, 5.2.-12.3.2019	70
Aktiveettien implementaatiojärjestys Italiassa	72

Ensimmäisen suomalaisen moduuli-implementaation aikataulu

Päivä 1
Luento: Tietotekniikan historia, nykyisyys ja tulevaisuus
Tutustuminen
Tulevaisuusprojektien aloittaminen
Luova ajattelu
Elektroninen tietokone
Tieto bitteinä

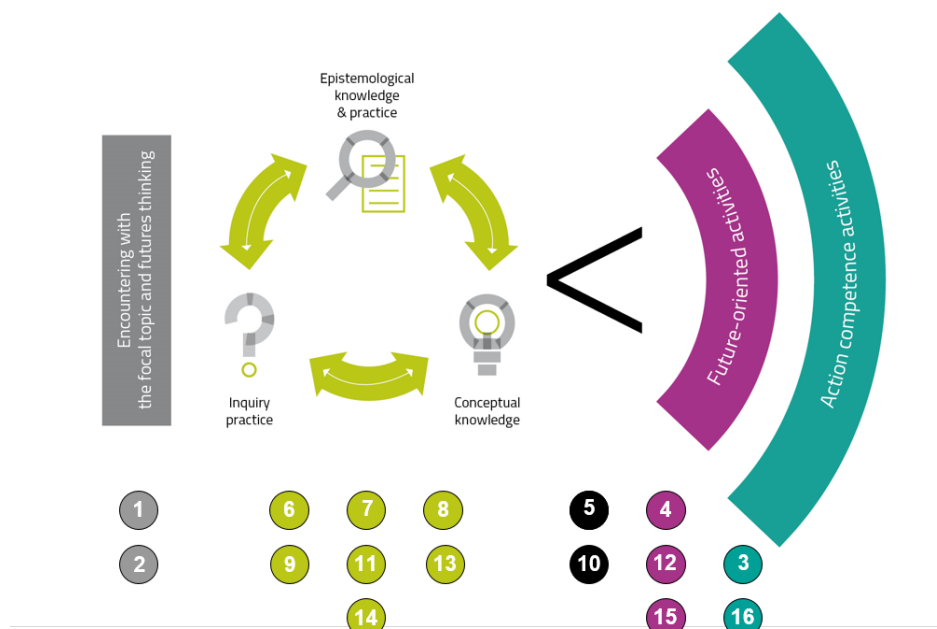
Päivä 2
Tietokoneen osat
Tietokoneen toiminta
Algoritmit
Algoritmit: live demo
Back to the Future

Päivä 3
Johdatus kvanttimekaniikkaan
Kvanttiharjoituksia
Ongelman kartoittaminen ja systeemiajattelu

Päivä 4
Kvanttilaskenta
Deutschin algoritmi
Skenaariot
Backcasting

Viimeinen tapaaminen
Tervetuliaissanat
Tulevaisuusprojektien esitykset

Aktiviteettien sijoittuminen moduulirakenteeseen



Suuri osa tämän moduulin aktiviteeteista sijoittuu useampaan kuin yhteen aktiviteettikategoriaan. Tässä kuvassa näytetään vain ensisijaiset kategoriat.

Ennakkotehtävä

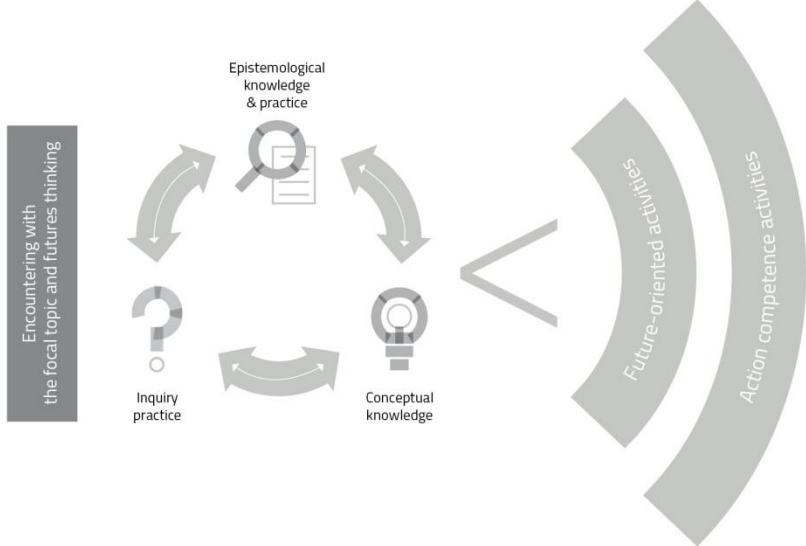
Opettaja voi halutessaan antaa opiskelijoille esitehtävän, jossa heitä pyydetään kirjoittamaan essee kesäpäivästä vuonna 2035 (tai jonakin muuna vuonna noin 20–25 vuoden kuluttua). Tehtävän tarkoitus on tehdä opiskelijoiden tulevaisuuteen liittyvät oletukset, toiveet ja pelot näkyviksi.

Back to the Future ja/tai *Backcasting* -aktiviteeteissa opiskelijoita ohjataan arvioimaan aiemmin kirjoittamiaan tulevaisuudennäkymiä moduulin aikana kertyneen uuden tiedon ja näkökulmien valossa ja tarkastelemaan miten heidän ideansa ovat muuttuneet.

Tehtävä löytyy täältä ([word](#) & [pdf](#)).

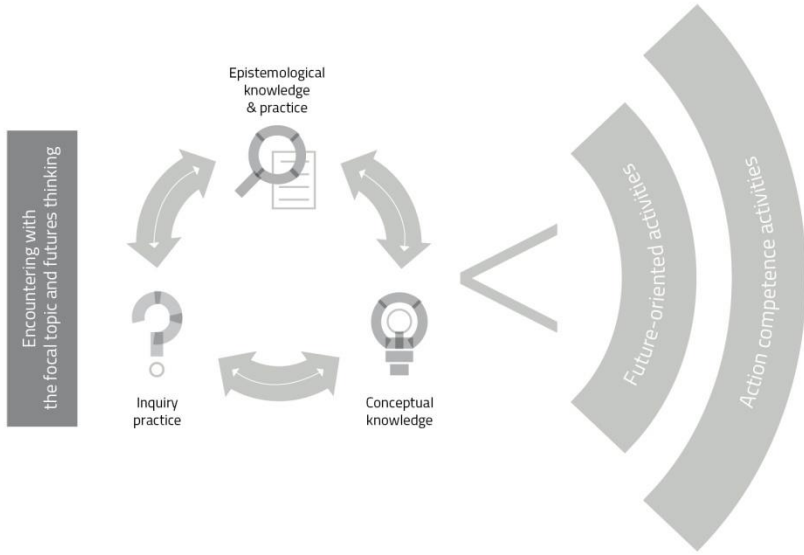
AKTIVITEETTI 1: Johdantoluento

Tietotekniikan historia, nykyisyys ja tulevaisuus

Sijoittuminen moduuliin Aihepiiriin tutustuminen	 Tämä aktiviteetti koostuu johdantoluennosta, jonka aiheina ovat tietotekniikka ja kvanttilaskenta. Luennon tavoitteena on johdattaa käsitteelliseen ja epistemologiseen tietoon, jota moduulissa myöhemmin kehitetään ja syvennetään. Luennolla käsitellään tietotekniikan ja laskentatehon historiallista kehitystä ja pohditaan niiden mahdollista kehitystä tulevaisuudessa. Luento ohjaa opiskelijat tarkastelemaan omaa asennettaan teknologiaa kohtaan ja esittää vaihtoehtoisia suhtautumistapoja. Se tarjoaa myös hyvän mahdollisuuden keskustella teknologian roolista muuttuvassa yhteiskunnassa ja työelämässä. Kvanttilaskenta esitellään mahdollisena askeleena tulevaisuuden tietotekniikan ja laskentatehon kehityksessä.
Tavoitteet	käsitteelliset/epistemologiset • alkaa ymmärtää, millainen rooli tietotekniikalla on yhteiskunnassa • saada yleiskuva teknologian historiallisesta kehityksestä • alkaa muodostaa käsitys siitä, mitä kvanttimekaniikka ja kvanttilaskenta ovat • oppia tunnistamaan työelämässä vallitsevia oletuksia ja paradigmoja • siirtyä yksittäisen tulevaisuuden ajatuksesta tulevaisuuksien moninaisuuden ajatukseen sosiaaliset/emotionaaliset • oppia kohtaamaan tulevaisuus avoimin mielin • laajentaa mielikuvitusta tulevaisuuden työmarkkinoin ja työelämään liittyen • alkaa laajentaa mielikuvitusta mahdollisiin tulevaisuuden STEM-aloihin liittyen

Varattava aika	Noin 45 min luento + 15 min keskusteluun
Materiaalit	Kannustamme opettajaa laatimaan omat diansa ja rakentamaan oppitunnin alusta alkaen itse. Näin lopputuloksesta tulee autenttisempi. Aktiviteetti tarjoaa hyvän mahdollisuuden pyytää asiantuntijaa (esim. tutkijaa) pitämään luento. Häntä voidaan pyytää koostamaan luento haluamallaan tavalla, kuitenkin pitäen mielessä opiskelijoiden aktivoinnin merkitys oppitunnin aikana. Hyvällä johdantoluennolla käsitellään esimerkiksi seuraavia aiheita: ➤ Mitä "laskenta" tarkoittaa? ➤ Kuinka laskentateho on kehittynyt ajan saatossa? ➤ Teknologisen kehityksen hyödyt ja haitat ➤ Onko teknologia sinänsä hyvä vai huono asia? ➤ Mitä teknologisesta kehityksestä on seurannut työmarkkinoille? Mitä mahdollisia muutoksia tulevaisuus tuo mukanaan? ➤ Onko työmarkkinoiden muuttuminen sinänsä hyvä vai huono asia? ➤ Mitä kvanttimekaniikka on? ➤ Mitä kvanttilaskenta on? ➤ Millaisia vaikutuksia kvanttilaskentateknologian kehittymisellä voi olla tulevaisuudessa (työmarkkinoille, yhteiskunnalle jne.)?
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Myös pienryhmäkeskusteluja voidaan käyttää oppitunnin aktivoimiseksi.
Muita huomioita	Ensimmäisissä suomalaisissa moduuli-implementaatioissa johdantoluento järjestettiin asiantuntijaluentona. Asiantuntijat olivat tietojenkäsittelytieteen tutkijoita.

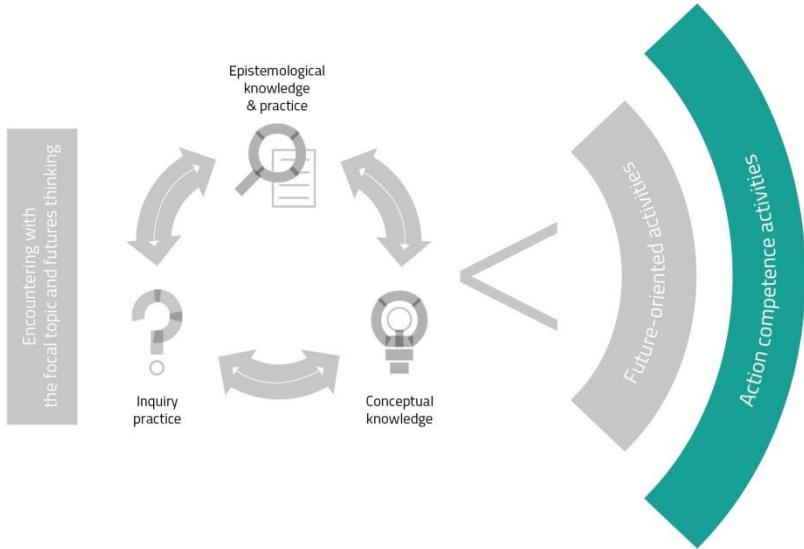
AKTIVITEETTI 2: Johdatus tulevaisuusajatteluun

Sijoittuminen moduuliin Aihepiiriin tutustuminen	 Aktiviteetti toimii kevyenä johdatuksena tulevaisuudentutkimukseen ja alalla sovellettavaan ajatteluun. Aktiviteetissa opiskelijat tekevät testin, jossa kartoitetaan heidän tulevaisuuteen kohdistuvia oletuksiaan. Opiskelijoiden vastauksista keskustellaan yhdessä ja nähdään, kuinka eri tavoin tulevaisuutta voidaan ajatella. Opiskelijat oppivat myös, miksi jotkin oletukset ovat toisia tehokkaampia tulevaisuuden ymmärtämisen, ennakoinnin ja siihen vaikuttamisen kannalta.
Tavoitteet	käsitteelliset - tunnistaa tulevaisuudentutkimuksen keskeiset ideat ja lähestymistavat - tunnistaa tulevaisuudentutkimuksessa tulevaisuuksien ennakoimisessa usein käytettyjä oletuksia - ymmärtää tulevaisuuksien moninaisuus ja kompleksisuus - ymmärtää ennustamisen ja ennakoinnin välinen ero epistemologiset - ymmärtää oletusten merkittävä rooli ennusteiden tekemisessä - tunnistaa ja kyseenalaistaa henkilökohtaisia tulevaisuuteen liittyviä oletuksia sosiaaliset/emotionaaliset - herättää kiinnostus tulevaisuudentutkimusta ja tulevaisuusajattelua kohtaan - löytää motivaatiota oman tulevaisuusajattelun kehittämiseen ja vaihtoehtoisten, todennäköisten tulevaisuuksien kuvitteluun vertaisten kanssa

	• löytää motivaatiota valmistautua tulevaisuuteen kehittämällä vaihtoehtoisia skenaarioita • voimaantua ajatuksesta, että tulevaisuuksien moninaisuus ja määräämättömyys antaa tilaa omalle toiminnalle ja vaikuttamiselle
Varattava aika	30–40 minuuttia
Materiaalit	Aktiviteetissa mukaillaan professori Peter Bishopin kehittämä ”The Futurist Quiz” -kyselyä, joka on saatavilla osoitteesta teachthefuture.org. Kyselyn mukautettu versio sisälsi seuraavat kysymykset ja niiden monivalintavaihtoehdot: 1. Voimmeko tietää tulevaisuudesta? (kyllä/ei) 2. Onko olemassa yksi tulevaisuus vai useita? (yksi/useita) 3. Kuinka pitkälle tulevaisuuteen voi ennustaa niin, että siitä on vielä hyötyä? (1–2 vuotta / 3–5 vuotta / 5–10 vuotta / 10–25 vuotta / yli 25 vuotta) 4. Onko tulevaisuus jo määrätty? (kyllä/ei) 5. Mikä seuraavista vaikuttaa pitkän aikavälin tulevaisuuteen eniten? (kehityssuunnat (trendit) / yksittäiset tapahtumat / ihmisten valinnat / kaikki nämä yhtä paljon) 6. Mikä seuraavista vaikuttaa pitkän aikavälin tulevaisuuteen eniten? (väestörakenne / ympäristö / teknologia / talous / hallinto / kulttuuri / kaikki nämä yhtä paljon) 7. Mikä on suurin syy väärille ennusteille? (tiedon puute / ennusteen tekijän oletukset / ennakoimattomat muut tapahtumat) 8. On hyödyllistä kertoa tarinoita epätodennäköisistä mutta mahdollisista tulevaisuuksista. (samaa mieltä / en osaa sanoa / eri mieltä)
Opetusmenetelmät	The Futurist Quiz Opiskelijoita pyydetään ensin vastaamaan kaikkiin monivalintatehtäviin (katso Materiaalit) käyttämällä verkkopohjaista äänestysjärjestelmää, kuten Mentimeteriä, Socrativea tai Presemoa. He voivat keskustella keskenään vastaamisen aikana, mutta kaikkien opiskelijoiden tulisi jättää omat vastauksensa. Keskustelu kyselyn tuloksista Kun kaikki opiskelijat ovat vastanneet kysymyksiin, opettaja käy kysymykset yksitellen läpi ja näyttää opiskelijoiden vastausten jakaumat. Vastauksia käsitellään anonyymisti, mutta opettaja voi pyytää vapaaehtoisia opiskelijoita kertomaan ja selittämään vastauksiaan. Opettajan tulisi korostaa, että kysely koskee oletuksia, eikä väärä vastaus ole olemassa. Tulevaisuudentutkimuksessa joitakin oletuksia pidetään kuitenkin toisia tehokkaampina tulevaisuuden ymmärtämisen, ennakoinnin ja siihen vaikuttamisen näkökulmasta.

<i>Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista</i>	Tehtävä on aiemmin toiminut hyvin. Opettajan tulee olla sensitiivinen ja herkkä, ettei hän tuomitse opiskelijoiden näkemyksiä. Opiskelijat eivät välttämättä ole valmiita ryhtymään syvälliseen keskusteluun moduulin alkuvaiheessa myös siitä syystä, että he eivät välttämättä vielä tunne toisiaan.
<i>Muita huomioita</i>	Tehtävässä mukaillaan professori Peter Bishopin kehittämää "The Futurist Quiz" -kyselyä, joka on saatavilla osoitteesta teachthefuture.org.

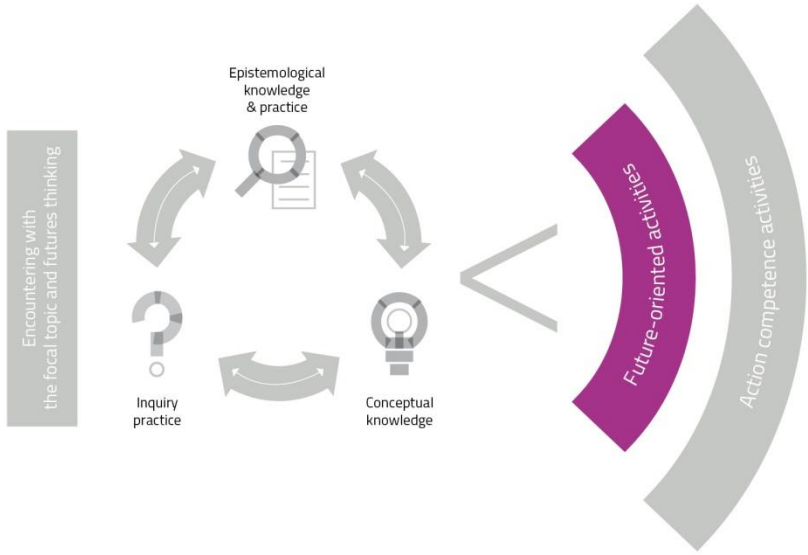
AKTIVITEETTI 3: Tulevaisuusprojektit

Sijoittuminen moduuliin Toimintakompetenssiaktiviteetit Tulevaisuus-orientoituneet aktiviteetit Aihepiiriin tutustuminen	 Tulevaisuusprojektien tekoprosessin on suunniteltu kestävän koko moduulin ajan. Tässä esitetyt ohjeet on tarkoitettu annettaviksi opiskelijoille moduulin alussa, jotta he voivat alkaa miettiä heitä kiinnostavia aiheita ja sovelluskohteita saman tien. Moduulin aikana opettaja tukee opiskelijoita projektien tekemisessä, ja projektit esitellään ja niitä kommentoidaan moduulin lopussa. Tässä aktiviteetissa opiskelijoille annetaan yleiskatsaus "tulevaisuusprojektien" vaiheista, jotka muodostavat koko moduulin läpi kulkevan punaisen langan. Seuraavaksi opiskelijoita pyydetään miettimään heitä kiinnostavia aiheita. Aktiviteetin lopuksi opettaja jakaa opiskelijat noin neljän ryhmiiin heidän mielenkiinnonkohteidensa mukaan.
Tavoitteet	käsitteelliset - tunnistaa ongelmanmäärittelyn vaiheet - tutustua skenaarioiden laatimisen perusteisiin epistemologiset - tutustua kompleksiseen systeemiin liittyvän ongelman lähestymiseen kuuluvaan episteemiseen prosessiin sosiaaliset/emotionaaliset - keskittyä henkilökohtaisesti merkitykselliseen aiheeseen - alkaa ajatella omia henkilökohtaisia ja ammatillisia tulevaisuusvisioita ja niiden yhteyttä toisiinsa - alkaa ymmärtää omaa potentiaalia tulevaisuuden muuttamiseksi

	alkaa kehittää oman tulevaisuuden omistajuutta
Varattava aika	20–30 minuuttia
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Oppitunti ja diat sisältävät kaksi osaa: Tulevaisuusprojektin vaiheet ja Aihealueet. Aihealueet-osa sisältää ohjeet opiskelijoiden työskentelyyn. Aihealue-monisteet (word & pdf) Opiskelijoita pyydetään kirjaamaan aihealueita, joista he ovat kiinnostuneita. Opettaja voi käyttää monistetta aiheiden keräämisessä opiskelijoiden ryhmiin jakamista varten.
Opetusmenetelmät	Oppitunti Opettaja esittelee "tulevaisuusprojektin" vaiheet ja antaa opiskelijoille mahdollisuus kysymysten esittämiseen. Tulevaisuusprojektin vaiheet 1. Aiheet ja ryhmiinjako 2. Ongelman määrittely 3. Systeemin kartoittaminen 4. Skenaarioiden kehittäminen 5. Backcasting 6. Esitysten ja videoiden teko 7. Esitykset Itsenäinen työskentely Opiskelijoita pyydetään valitsemaan heitä kiinnostavia aiheita. Ideaalitapauksessa opiskelijat tekevät tehtävän yksin eivätkä yhdessä ystäviensä kanssa. Ihanteellisessa tapauksessa opiskelijaryhmät ovat mahdollisimman epähomogeenisiä, ja ne perustuvat pelkästään opiskelijoiden mielenkiinnon kohteisiin. Ohjeet opiskelijoille: - Valitse jokin aihealue ... johon liittyy yleisiä haasteita, ongelmia, isoja kysymyksiä ... joka kiinnostaa sinua - Kirjoita se paperilapulle. - Teemme ryhmäjaon kiinnostuksenkohteiden perusteella - Neljän opiskelijan ryhmät Kun täytetyt aihealue-monisteet on kerätty, opettaja jakaa opiskelijat ryhmiin heidän mielenkiinnonkohteidensa mukaan. Jos luokassa on opiskelijoita, joiden mielenkiinnonkohteissa ei ole mitään yhteneväisyyksiä muiden mielenkiinnonkohteiden kanssa, opettajan tulee keskustella kyseisten opiskelijoiden kanssa ja antaa heidän valita ryhmänsä itse.

<i>Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista</i>	Opiskelijoiden voi olla vaikeaa sisällyttää kvanttilaskentaa projekteihinsa. Opettajan tulee kannustaa heitä valitsemaan kvanttilaskentaan – tai edes tietotekniikkaan – liittyviä aiheita.
<i>Muita huomioita</i>	Tämä aktiviteetti muodostaa punaisen langan koko moduulille, minkä vuoksi aktiviteetti ajoitetaan moduulin alkuun. Syy aktiviteetin ajoittamiselle moduulin alkuun on se, että tulevaisuuden rakentamisen ja toimintakompetenssin taitoja voidaan tehokkaimmin harjoitella juuri opiskelijoiden omien mielenkiinnon kohteiden ja projektien yhteydessä.

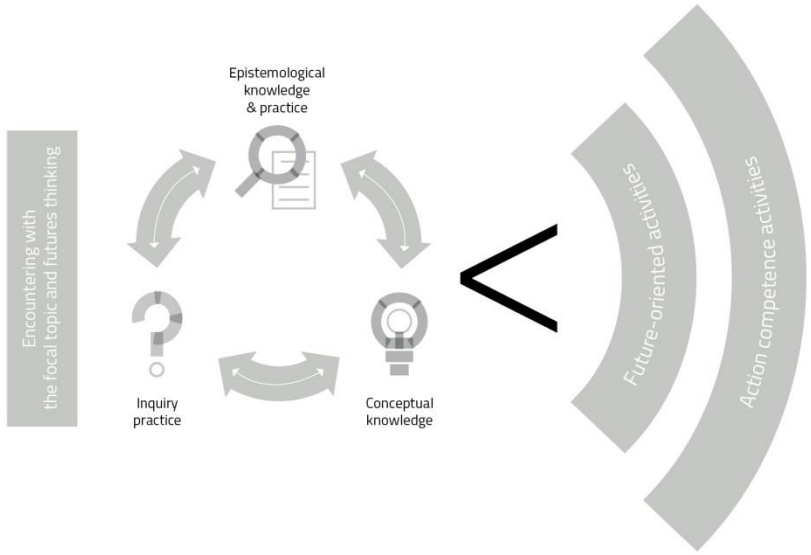
AKTIVITEETTI 4: Luovan ajattelun perusteet

Sijoittuminen moduuliin <i>Tulevaisuus- orientoituneet aktiviteetit</i>	 Tässä aktiviteetissa korostetaan luovuuden merkitystä tulevaisuusajattelussa ja toimintakompetenssissa. Aktiviteetti näyttää, kuinka tulevaisuuden ennustaminen on vaikeaa jopa asiantuntijoille ja miksi joustamattomat, muodolliset ajattelutavat johtavat usein huonoihin ennusteisiin. Tavoitteena on kannustaa opiskelijoita käyttämään mielikuvitustaan ja pitämään kiinni unelmistaan ja luovuudestaan. Aktiviteetin aluksi esitellään kolme luovuuden osatekijää: asiantuntijuus, motivaatio ja luovan ajattelun taidot. Luovan työn paradokseista keskustellaan, ja vanhoja, virheellisiä ennusteita tarkastellaan. Ennusteet on valittu teknologian alalta ja ne linkittävät aktiviteetin myös teknologiseen kehitykseen. Lopuksi opiskelijoille esitellään luovuuden esteitä ja tapoja rikkoa niitä ja heitä pyydetään pohtimaan omia tulevaisuusskenaarioitaan uudelleen. Kun he tarkastelevat "tulevaisuusprojektejaan" uudesta, ennakkoluulottomasta näkökulmasta, saattavat he nähdä skenaarioissaan aivan uudenlaisia mahdollisuuksia.
Tavoitteet	käsitteelliset • tunnistaa luovan ajattelun keskeiset käsitteet ja osatekijät • tunnistaa luovuuden esteitä ja tapoja rikkoa niitä (myös opiskelijoiden omassa ajattelussa) • tunnistaa ennusteiden takana olevien oletusten ja arvojen rooli • ymmärtää, että ennusteiden tekeminen on jopa asiantuntijoille vaikeaa • siirtyä yksittäisen tulevaisuuden ajatuksesta tulevaisuuksien moninaisuuden ajatukseen

	epistemologiset • oppia huomaamaan, kuinka kaikki ajattelu (tieteellinen mukaan lukien) ja ennusteet perustuvat oletuksiin, arvoihin ja kulttuurisiin tekijöihin • tunnistaa oletuksia • harjoitella luovan ajattelun menetelmiä ennusteiden laatimisessa omasta aihealueesta sosiaaliset/emotionaaliset • harjoitella ryhmätyötä luovassa ajattelussa • laajentaa mielikuvitusta itse valittuun mielenkiinnon kohteesta liittyen
Varattava aika	30–45 minuuttia
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Oppitunti ja diat sisältävät neljä osaa: Luova ajattelu; Luovan työn paradoksit; Ennustamisen vaikeus; ja Luovuuden esteet ja niiden rikkominen. Osa Luovuuden esteet ja niiden rikkominen sisältää myös ohjeet ryhmätyöskentelyyn.
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Opettaja kannustaa opiskelijoita keskusteluun oppitunnin sisällöstä. Osissa Luovan työn paradoksit ja Luovuuden esteet ja niiden rikkominen opettajan tulisi esitellä ilmiön eri puolia erilaisten näkökulmien vertailun helpottamiseksi ja antaa opiskelijoiden tarkastella tietoa vapaasti. Ryhmätyöskentely Oppitunnin lopuksi opiskelijoita pyydetään miettimään omia "tulevaisuusprojektejaan" sen valossa, mitä he ovat oppineet luovasta ajattelusta. Opiskelijat voivat olla koko tunnin projektiryhmissään. Jos ryhmiä ei ole vielä muodostettu, opiskelijat tulee jakaa projektiryhmiin viimeistään tässä vaiheessa. Ohjeet opiskelijoille: Ajattele omaa aihealuetta ja jotain sen ongelmaa: • Millaisia oletuksia löydät? Kyseenalaista niitä! • Millaisia sääntöjä aiheeseen liittyy? Miten voisi rikkoa? • Millainen on logiikan ja intuition suhde? • Onko ratkaisussa epäonnistumisen pelkoa? Voisiko ottaa enemmän riskejä?

<i>Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista</i>	Koska opettaja tietää opiskelijoiden projekteihinsa valitsevat aiheet, hän voi auttaa heitä ryhmätyökeskustelussa esittämällä kysymyksiä, joiden avulla opiskelijat voivat kehittää ideoitaan eteenpäin.
<i>Muita huomioita</i>	• Jos moduulia on lyhennettävä, tämän aktiviteetin voi jättää pois. Aktiviteetin tarkoituksena on tukea opiskelijoiden mielikuvitusta ja luovuutta heidän työstäessään "tulevaisuusprojektejaan". Opiskelijoita voi tukea työssä myös inspiroivalla ohjauksella projektien tekemisen aikana. • Tässä aktiviteetissa esitetyt ideat liittyvät luovan ajattelun yleisiin tekniikoihin, joihin jotkut opettajat ja opiskelijat ovat saattaneet tutustua muualla.

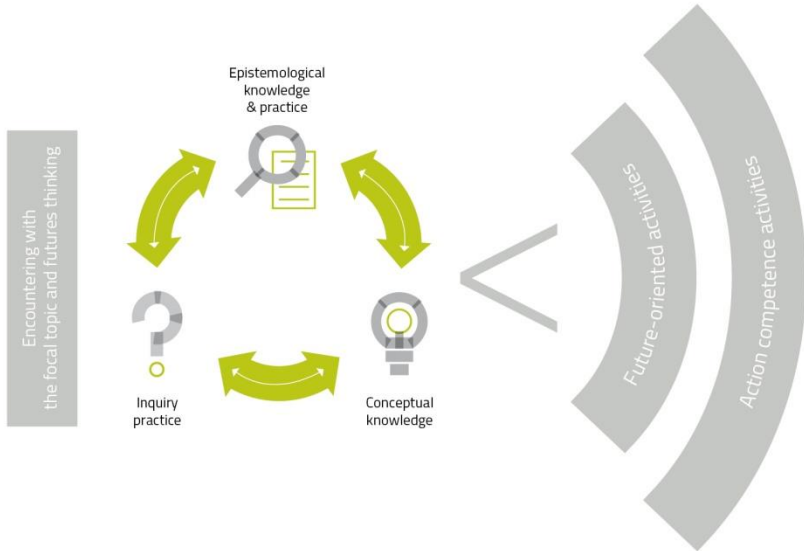
AKTIVITEETTI 5: Elektroninen tietokone

Sijoittuminen moduuliin <i>Silta tieteen ja tulevaisuuden välillä</i>	 Tässä aktiviteetissa opiskelijat tutustuvat laskennan historialliseen kehitykseen. Tavoitteena on näyttää, kuinka nopeaa kehitys on ollut ja auttaa opiskelijoita huomioimaan tämä teknologisen tulevaisuuden skenaarioissaan. Aktiviteetissa myös korostetaan sitä, miten laskentatehon kehitys on ollut yhteydessä yhteiskunnan kehitykseen. Pääosan aktiviteetista muodostaa <i>Crash Course Computer Science</i> -YouTube-kanavan elektroniseen laskentaan liittyvä video. Se esittelee tietotekniikan historiaa sähkömekaanisista releistä aina tyhjiöputkiin ja transistoreihin.
Tavoitteet	käsitteelliset - tutustua laskennan ja laskentateknologian historiaan - ymmärtää laskentateknologian ja binäärijärjestelmän käytön välinen yhteys - oppia tunnistamaan tietokoneita ja tietokonepohjaisia laitteita arkielämässä - tutustua joihinkin modernin tietokonealan sovelluksiin ja ymmärretään niiden valtava vaikutus elämäämme epistemologiset - ymmärtää laskennan tarjoamat mahdollisuudelle tieteelle ja yrityksille - tutustua tietokoneiden käyttömahdollisuuksiin simuloinnissa ja mallinnuksessa

	sosiaaliset/emotionaaliset - laajentaa mielikuvitusta tietotekniikan tulevaisuuden kehitysmahdollisuuksien suhteen - laajentaa mielikuvitusta mahdollisista tulevaisuuden STEM-urista fysiikan ja elektroniikan parissa
Varattava aika	- Yhteensä 30–45 min - Videon pituus 10 min 43 s
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Diat sisältävät neljä osaa: Nykyaikainen tietokone; Elektronisen laskennan historiaa; Elektroninen tietokone; ja Kantalukujärjestelmät. Video Diojen osassa Elektronisen laskennan historiaa on linkki videoon: <i>Electronic Computing: Crash Course Computer Science #2</i>: https://youtu.be/LN0ucKNX0hc
Opetusmenetelmät	Pienryhmäkeskustelut Osassa Nykyaikainen tietokone voidaan käyttää pienryhmäkeskusteluja (vie noin 10 minuuttia). Opiskelijoita pyydetään pohtimaan, mikä tietokone heidän mielestään on: - Mikä on tietokone? - Mikä lasketaan tietokoneeksi (eli mitä voidaan kutsua tietokoneeksi)? - Missä kaikkialla yhteiskunnassamme tietokoneita käytetään? Pienryhmäkeskustelujen jälkeen ryhmien ajatuksista ja ideoista keskustellaan yhdessä. Vuorovaikutteinen oppitunti Osassa Elektronisen laskennan historia katsokaa yhdessä video <i>Electronic Computing: Crash Course Computer Science #2</i>. Opiskelijoita pyydetään kiinnittämään huomiota seuraaviin asioihin: - koneiden koko - nopeus - käyttäjäkunta - sovelluskohteet Opiskelijoiden huomioista keskustellaan videon katsomisen jälkeen. Osassa Elektroninen tietokone opettaja esittelee joitakin elektronisten tietokoneiden sovelluskohteita. Dioissa on joitakin esimerkkejä aloista ja laitteista

	(molekyyli­simulaatit, ge­ne­tiikka, lää­ke­tie­de, mat­ka­pu­helimet), jotka hyödyntävät tietokoneita. Opettaja voi myös valita tähän omia aiheita ja sovelluskohteita.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	• Aktiviteetti muodostaa yhteyden menneisyyden ja nykyhetken välille ja johdattaa kohti tulevaisuus­ori­en­toituneita aktiviteetteja. • Ennen opetusta on muistettava tarkistaa käytettävien linkkien ja videoiden toimivuus. • Oppitunnin aktivoimiseksi opettaja voi jakaa tunnin 5–10 minuutin jaksoihin kysymyksiä ja keskusteluja.
Lisämateriaalit	videot: • Tietokoneet yhteiskunnassa: https://youtu.be/O5nslZ_Gol • Tietokoneiden käyttökohteita: https://youtu.be/ac7T3ocg9gk • Suurteholaskenta tieteessä: https://youtu.be/VqqN94Bdvak • Suurteholaskenta liiketaloudessa: https://youtu.be/A_i5kOlj_UU muut materiaalit: • Tietojenkäsittelytieteen historia: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computer_science • Laskennan historia: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computing • Tietokoneiden historia: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computing_hardware
Muita huomioita	• Elektroniikka ei ole moduulin keskeinen aihe. Jos opettaja haluaa lyhentää moduulia, elektroniikkaosion voi poistaa. Bittien ja binäärijärjestelmän perusperiaatteiden oppiminen on kuitenkin tärkeää koko moduulia ajatellen. • Tässä aktiviteetissa olisi hyvä korostaa tietokoneiden merkitystä yhteiskunnassa ja niiden roolia historiassa. Aihe voidaan myös liittää yhteiskunnan kehitykseen tulevaisuudessa.

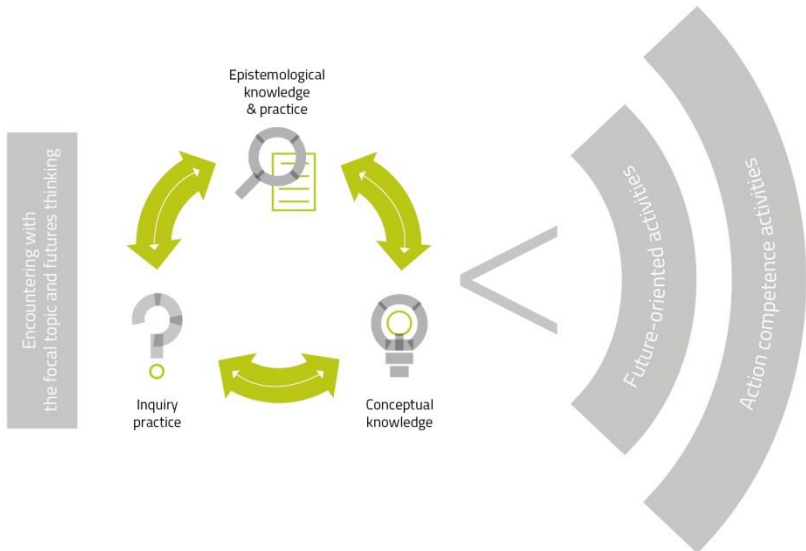
AKTIVITEETTI 6: Tietoa bitteinä

Sijoittuminen moduuliin Käsitteellinen tieto	 Tämä aktiviteetti esittelee kantalukujärjestelmien idean. Aikaisemmin opiskelijat ovat oppineet, että tietokoneet käyttävät binäärilukuja tiedon esittämiseen. Nyt heitä pyydetään harppaamaan jokapäiväisestä desimaalijärjestelmästä käyttämään binäärijärjestelmää. Tämän ansiosta he oppivat ”ajattelemaan kuin tietokone” ja samalla he valmistautuvat ymmärtämään myöhemmin kvanttibittien logiikkaa. Aktiviteetin alussa esitellään lukujärjestelmien perusidea. Opiskelijat ovat tottuneet desimaalijärjestelmään, jota käytetäänkin tässä esimerkkipöytätyönä. Tämän jälkeen esitellään binäärijärjestelmä ja opetellaan muunnoksia desimaaliluvuista binääriluvuiksi (ja päinvastoin) sekä binäärilukujen peruslaskutoimituksia. Oppitunnin jälkeen opiskelijat pääsevät harjoittelemaan muunnoksia ja laskuja.
Tavoitteet	käsitteelliset • ymmärtää kantalukujärjestelmän käsite • oppia muuntamaan desimaalijärjestelmän lukuja binäärijärjestelmän luvuiksi ja päinvastoin • oppia tekemään peruslaskutoimituksia binääriluvuilla • ymmärtää bittien esittämän tiedon määrä epistemologiset • siirtyä jokapäiväisestä desimaalijärjestelmästä binäärijärjestelmään ja ymmärtää, että kyseessä on vain kaksi erilaista tapaa esittää lukuja

Varattava aika	- Materiaalin läpikäynti (ja mahdolliset lisäesimerkit laskutoimituksista) 45–60 min. - Binääriharjoitusten tekeminen 45–60 min
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Oppitunti sisältää neljä osaa: Desimaalijärjestelmä; Binäärijärjestelmä; Binääriset laskutoimitukset ja Tiedon määrä biteissä. Harjoitukset Moniste: Binääriharjoitukset (word & pdf) Harjoituksissa käsitellään seuraavia aiheita: <i>Binäärijärjestelmä</i>: muunnokset binääriluvuista desimaaliluvuiksi ja desimaaliluvuista binääriluvuiksi <i>Yhteenlasku ja vähennyslasku</i> <i>Kerto- ja jakolasku</i>
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Opettaja kannustaa opiskelijoita keskusteluun oppitunnin sisällöstä. Ihanteellisessa tapauksessa opettaja esittää enemmän esimerkkejä laskutoimituksista, kuin mitä diat sisältävät. Harjoitukset Opiskelijat voivat tehdä harjoituksia yksin tai ryhmissä. Harjoitukset sisältävät ohjeet vaadittujen laskujen tekemiseen. Oikeat vastaukset löytyvät monisteen lopusta.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	Harjoituksiin tarvittava aika vaihtelee. Opettajan tulee valmistautua antamaan lisätehtäviä nopeasti eteneville opiskelijoille. Opettajalla on hyvä olla myös mahdollisuuksien mukaan apuopettaja, joka voi tukea hitaammin edistyviä opiskelijoita tehtävien tekemisessä.
Lisämateriaalit	videot - Boolean logiikka: https://youtu.be/gl-qXk7XojA - Binäärijärjestelmä ja binääriset laskutoimitukset: https://youtu.be/1GSjbWt0c9M muut materiaalit: - Binääriluvut: https://en.wikipedia.org/wiki/Binary_number

<i>Muita huomioita</i>	Moduulia voidaan lyhentää jättämällä pois joitakin elektroniikka-aktiviteeteista. Jos tämä aktiviteetti jätetään pois, binäärijärjestelmästä ja muunnoksista kantelukujärjestelmien välillä tulee keskustella muun opetuksen yhteydessä, sillä ne ovat myöhemmin moduulissa tärkeässä asemassa.
--------------------------------------	--

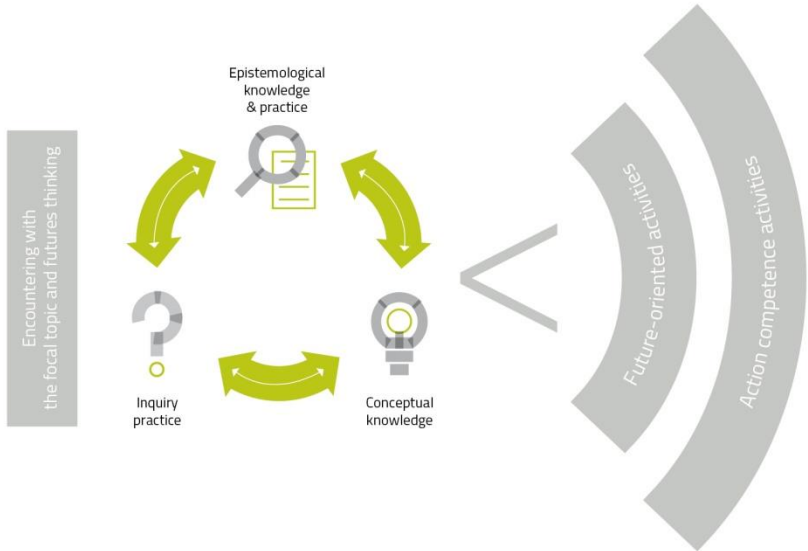
AKTIVITEETTI 7: Tietokoneen osat

Sijoittuminen moduuliin Käsitteellinen tieto Tutkimisen taidot	 Opiskelijoille tuttuja arkipäivän tietokoneita ovat todennäköisesti matkapuhelimet, tabletit ja kannettavat tietokoneet. Heille tietokone laitteena saattaa näyttäytyä mustana laatikkona; sen sisäinen logiikka ja osat voivat olla heille täysin vieraita. Tämän aktiviteetin tavoite on näyttää opiskelijoille, mitä tietokoneen sisällä on. Ihanteellisessa tilanteessa opiskelijat pääsevät avaamaan pöytätietokoneen itse, ja opettaja kertoo samaan aikaan tärkeimpien osien toiminnoista. Aktiviteettia voidaan muokata siten, että ainoastaan opettaja avaa tietokoneen opiskelijoiden seurattessa, tai koneen avaamisesta katsotaan video.
Tavoitteet	käsitteelliset - tutustua siihen, millaisia osia tietokoneen sisällä on - ymmärtää, että tietokone ei ole musta laatikko - tutustua emolevyn, keskussuorittimen, keskusmuistin, laajennuskorttien, virtalähteen, optisen aseman ja kiintolevyn perustehtäviin sosiaaliset/emotionaaliset - herättää kiinnostusta elektroniikkaa kohtaan - tehdä tietokoneista laitteina helpommin lähestyttäviä
Varattava aika	Varattava aika riippuu siitä, miten aktiviteetti toteutetaan. Jos opiskelijat avaavat tietokoneita itse tai pienryhmissä, aktiviteettiin tulee varata runsaasti aikaa, noin 1–1,5 tuntia.

	- Jos opettaja avaa tietokoneen ja esittelee osat opiskelijoille, varattava aika on 30–60 min (riippuen siitä, kuinka yksityiskohtaisesti opettaja haluaa osat esitellä). - Jos tietokoneen avaamisesta katsotaan vain video, varattava aika on videon pituus + 20 min keskustelua varten.
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Diojen alussa keskitytään Nykykaaiseen (pöytä)tietokoneeseen ja saadaan yleiskuva sen osista. Lopuissa dioissa esitellään - Emolevy - Keskussuoritin - Keskusmuisti (RAM) - Laajennuskortit - Virtalähde - Optinen asema - Kiintolevy Tietokoneet Ideaalilanteessa opiskelijat pääsevät avaamaan itse vanhoja tietokoneita. Tätä varten luokassa tulee olla kutakin opiskelijaa/opiskelijaryhmää varten vanha, käytöstä poistunut tietokone. Video Tietokoneen osat: https://youtu.be/4eNTlwnnhss YouTubessa on lukuisia vaihtoehtoisia videoita tietokoneen osista. Opettaja voi myös itse valita haluamansa videon.
Opetusmenetelmät	Vaihtoehto 1: Ryhmätyö Opiskelijat pääsevät avaamaan tietokoneita itse yksin tai pienryhmissä. Opettaja pyytää heitä etsimään ja irrottamaan tiettyjä osia ja kertoo niiden toiminnasta. Vaihtoehto 2: Havaintoesitys Opettaja avaa tietokoneen ja esittelee osat opiskelijoille. Vaihtoehto 3: Video ja keskustelu Katsotaan yhdessä video tietokoneen avaamisesta. Videon sisällöstä keskustellaan jälkikäteen. Keskustelun tukena voidaan käyttää dioja.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	Osalle opiskelijoista tietokoneen osat saattavat olla entuudestaan tuttuja, ja jotkut ovat saattaneet avata tietokoneita aiemminkin. Toisaalta osalle opiskelijoista koko oppitunnin sisältö saattaa olla uutta. Tämä epäsuhta tulisi huomioida opetusta suunniteltaessa.

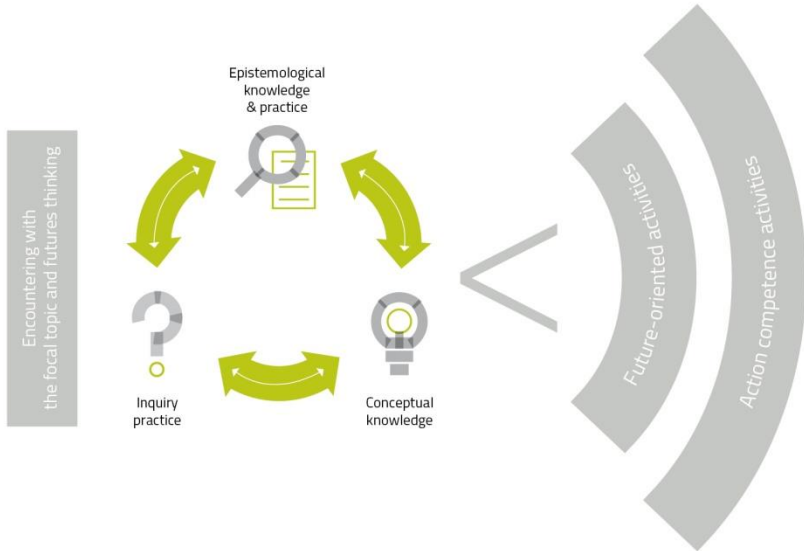
	• Opettajan on syytä pyytää opiskelijoita keskeyttämään tietokoneiden kanssa työskentely siksi aikaa, kun osat esitellään. Muuten heidän voi olla vaikeaa keskittyä opetukseen.
Lisämateriaalit	videot: • Keskussuoritin: https://youtu.be/FZGugFqdr60 • Keskusmuisti: https://youtu.be/fpnE6UAfbtU muut materiaalit: • Tietokoneen osat: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computing_hardware
Muita huomioita	Tämä aktiviteetti ei ole moduulin keskeinen osa. Aktiviteetin idea on ainoastaan esitellä tietokoneiden elektronista puolta ja tehdä tietokoneista opiskelijoille helpommin lähestyttäviä.

AKTIVITEETTI 8: Tietokoneen toiminta

Sijoittuminen moduuliin Käsitteellinen tieto	 Aiemmin opiskelijat ovat tutustuneet perustason laskentateknologiaan, eli siihen, että tietokoneiden toiminta perustuu transistoreiden käyttöön ja sen vuoksi ne käyttävät binäärilukuja tiedon esittämiseen. Tässä aktiviteetissa opitaan, miten yksittäisistä transistoreista rakennetaan loogisia portteja, ja niistä edelleen piirejä, jotka suorittavat monimutkaisempia toimintoja. Aktiviteetin alussa transistorien perusidea elektronisina kytkiminä esitellään. Sen jälkeen näytetään, kuinka transistoreja yhdistelemällä voidaan rakentaa loogisia portteja. Loogiset operaatiot TRUE, AND, OR, NOT ja XOR esitellään. Puolisummain ja kokosummain esitellään esimerkeinä loogisista piireistä. Yhteyttä tietokoneen toimintaan korostetaan kertaamalla tietokoneen perustason logiikka.
Tavoitteet	käsitteelliset - tutustua transistorien toimintaperusteisiin - tutustua Boolean logiikkaan ja oppia lukemaan totuustauluja - oppia laatimaan loogisten porttien totuustauluja - ymmärtää loogisten porttien AND, OR, NOT ja XOR toimintaa - ymmärtää, miten perustason loogisista operaatioista muodostuu tietokoneen monimutkainen toiminta epistemologiset - harjoitella loogista päättelyä ja argumentointia

Varattava aika	45–60 min
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Diat sisältävät neljä osaa: Transistorit; Loogiset portit; Loogiset piirit ja Keskussuoritin. Mahdolliset demonstraatiovälineet Mahdollisuuksien mukaan opettaja voi esitellä opiskelijoille aitoja elektronisia komponentteja (erityisesti transistoreja).
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Opettaja kannustaa opiskelijoita keskusteluun oppitunnin sisällöstä. Videoita ja demonstraatioita voidaan käyttää oppitunnin monipuolistamiseksi. Ihanteellisessa tapauksessa opettaja esittää enemmän esimerkkejä loogisista operaatioista, kuin mitä diat sisältävät.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	On tärkeää tarkistaa, että opiskelijat muistavat, kuinka yhteenlasku toimii binääriluvuilla.
Lisämateriaalit	videot: - Transistorit: https://youtu.be/7ukDKVHnac4 - Transistorin vesianalogia: https://www.youtube.com/watch?v=8f3l8KaVcBg - Boolean logiikka ja loogiset portit: https://youtu.be/gI-qXk7XojA - Miten tietokoneet laskevat? https://youtu.be/1I5ZMmrOfnA muut materiaalit: - Boolean algebra: https://en.wikipedia.org/wiki/Boolean_algebra - Loogiset portit: https://en.wikipedia.org/wiki/Logic_gate - Keskussuoritin 1: http://www.righ.to.com/2017/03/inside-vintage-74181-alu-chip-how-it.html - Keskussuoritin 2: http://www.righ.to.com/2017/01/die-photos-and-reverse-engineering.html
Muita huomioita	Loogisten porttien ja piirien esittelyn tavoite on valmistaa opiskelijoita algoritmiseen ajatteluun. Osa opiskelijoista on saattanut tutustua Boolean algebraan matematiikan tunneilla, mutta on epätodennäköistä, että he tietäisivät siitä muuta kuin perusteet. Loogisten porttien kokonaisvaltaisempi ymmärtäminen on erittäin tärkeää moduulin kvanttilaskentaosiossa.

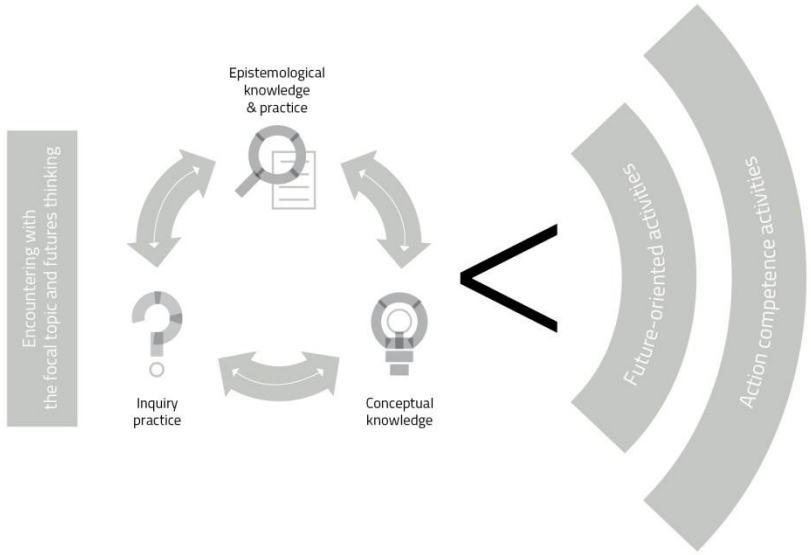
AKTIVITEETTI 9: Algoritmit

Sijoittuminen moduuliin Käsitteellinen tieto	 Tämä aktiviteetti esittelee algoritmien perusidean harjoitusten avulla. Aktiviteetissa esitellään tietokoneiden ongelmanratkaisussa käyttämä yksinkertainen logiikka. Yhteyttä loogisten porttien perustason logiikan ja tietokoneen korkeamman tason toiminnallisuuden välillä selvennetään tutkimalla perusesimerkkejä algoritmeista. Aktiviteetin aluksi algoritmit esitellään tietokoneeseen syötettävänä resepteinä. Lyhyen johdannon jälkeen opiskelijat pääsevät pelaamaan kahta peliä, jotka havainnollistavat algoritmien ideaa. Ristinollaharjoitus näyttää, kuinka tietokone pelaa peliä, ja laivanupotusharjoitus esittelee kolme tietokoneiden usein käyttämää hakualgoritmia.
Tavoitteet	käsitteelliset • ymmärtää algoritmin käsite • ymmärtää tietokoneen logiikkaa algoritmin suorittamisessa • tutustua joihinkin yksinkertaisiin hakualgoritmeihin sosiaaliset/emotionaaliset • herättää kiinnostusta elektroniikkaa ja siihen liittyviä uravaihtoehtoja kohtaan
Varattava aika	45–60 min

Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Diat sisältävät kolme osaa: Algoritmit; Ristinolla ja Laivanupotus. Monisteet • Älykäs paperi (ristinolla, word & pdf) • Laivanupotus-hakualgoritmit (word & pdf) Monisteet sisältävät opiskelijan ohjeet pelien pelaamiseen.
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Oppitunnin alussa opettaja esittelee algoritmien perusidean. Apuna voidaan käyttää myös demonstraatioita tai videoita. Pelit Opiskelijat jaetaan pareihin pelien pelaamiseksi. Ristinolla <i>Opiskelijan ohjeet:</i> Pelataan pareittain ristinollaa. • Toinen parista pelaa tavallisesti. • Toinen pelaa paperilla olevien ohjeiden mukaisesti. Voitko pelata ajattelematta siirtojasi? Voitko pelata, vaikka et tietäisikään sääntöjä? Laivanupotus <i>Ohjeet pelin pelaamiseen ovat monisteissa.</i>
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	• Pelien (erityisesti laivanupotuksen) pelaamiseen käytettävä aika vaihtelee paljon. Opettajan tulee varautua antamaan lisätehtäviä opiskelijoille, joiden pelit päättyvät nopeasti. • Joillakin opiskelijoilla saattaa olla paljonkin kokemusta ohjelmoinnista, ja heille aktiviteetti voi olla turhauttava. Algoritmeihin liittyviä pelejä ja tehtäviä löytyy internetistä runsaasti. Jos opettaja saa etukäteen tietoonsa, että luokassa on ohjelmointiin ja algoritmiseen ajatteluun tutustuneita opiskelijoita, kannattaa hänen kerätä heitä varten lisämateriaalia.
Lisämateriaalit	videot • yksinkertaiset algoritmit 1: https://youtu.be/l26oaHV7D40 • yksinkertaiset algoritmit 2: https://youtu.be/rL8X2mINHPM

	muut materiaalit: Algoritmit: https://en.wikipedia.org/wiki/Algorithm
Muita huomioita	- Tässä aktiviteetissa on mahdollista muodostaa yhteyksiä lineaariseen ajatteluun. Tietokoneiden ongelmanratkaisutapaa voidaan pitää kaavamaisena ja formaalina – mikä on vastakohta sille, mitä tulevaisuuksien ajattelu opiskelijoilta edellyttää. Pelien lähde: Computer Science Unplugged (www.unplugged.canterbury.ac.nz)

AKTIVITEETTI 10: Back to the Future

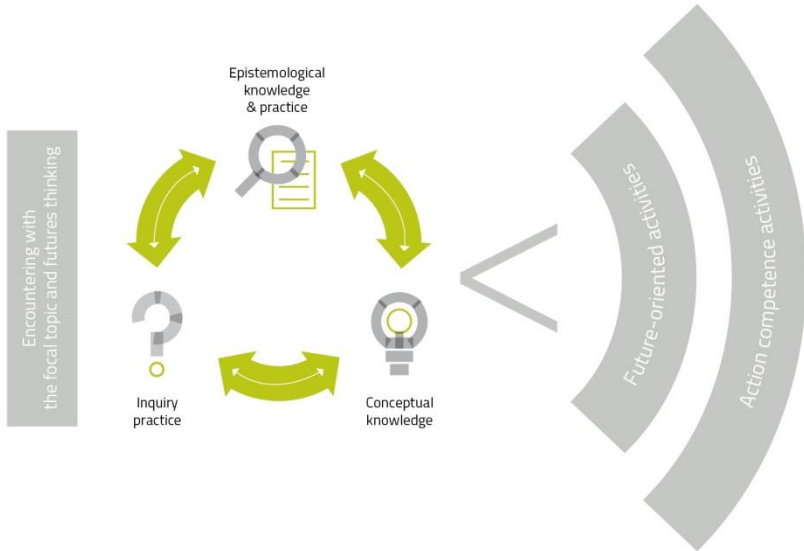
Sijoittuminen moduuliin Silta tieteen ja tulevaisuuden välillä Tulevaisuus- orientoituneet aktiviteetit	 Tämä aktiviteetti muodostaa sillan tietotekniikan historian ja tulevaisuuden välille. Tavoitteena on näyttää, kuinka nopeaa viime vuosikymmenten teknologinen kehitys on ollut ja kuinka teknologisia muutoksia on ollut laaja-alaiset vaikutukset koko yhteiskuntaan. Lisäksi aktiviteetissa havainnollistetaan ennusteiden laatimisen vaikeutta ja osoitetaan, kuinka oletukset saattavat johtaa virheellisiin ennusteisiin. Opiskelijoita kannustetaan pohtimaan oman ajattelunsa rajoituksia ja laajentamaan mielikuvitustaan tulevaisuuden suhteen. Aktiviteetti alkaa vanhojen, tietotekniikkaa käsittelevien dokumenttien analysoimisella ja tutkimalla fiktiivisiä 1980-luvulla laadittuja ennusteita vuodelle 2015. Eroista ja yhteneväisyyksistä nykypäivään keskustellaan ja niiden mahdollisia syitä pohditaan yhdessä. Aktiviteetin lopuksi opiskelijoita pyydetään tarkastelemaan tulevaisuusskenaarioita uudelleen ja pohtimaan aiemmin tekemiään ennusteita uuden tiedon valossa.
Tavoitteet	käsitteelliset/epistemologiset - tutustua tietotekniikan historialliseen kehitykseen; erityisesti 1980- ja 1990-luvuilla sekä nopeaan kehitykseen sen jälkeen - tunnistaa teknologian kehityksen monisyiset vaikutukset yhteiskuntaan – sekä yhteiskunnallisen kehityksen vaikutus teknologiaan - oppia soveltamaan luovan skenaarioajattelun ideoita tietotekniikan kontekstissa - ymmärtää ennustamisen/ennakoinnin haasteet tietotekniikan kontekstissa - ymmärtää oletusten tekemisen merkitystä ennusteiden laadinnassa

	• siirtyä yksittäisen tulevaisuuden ajatuksesta tulevaisuuksien moninaisuuden ajatukseen sosiaalinen/emotionaalinen • oppia keskustelemaan erilaisista näkökulmista teknologiseen kehitykseen liittyen • herättää kiinnostusta tulevaisuusajattelua kohtaan konkreettisesti ja ajankohtaisessa kontekstissa • laajentaa mielikuvitusta tietotekniikan tulevaisuuksiin liittyen • saada kokemus toimijuudesta tietotekniikan kehityksen ja opiskelijoiden oman tulevaisuuden suhteen • helpottaa luovaa ajattelua, skenaarioiden laadintaa sekä tietotekniikan tulevaisuuden visiointia
Varattava aika	Yhteensä 1,5 tuntia.
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Oppitunti ja diat sisältävät neljä osaa: Tietotekniikan historia; "Back to the Future Part II", 1989; Skenaariot ja Kesäpäivä 2035. Diat sisältävät ryhmätyön ohjeet ja linkit videoihin (ks. alla). Videot Tietotekniikan historia • Tietokoneet ja internet 80- ja 90-luvuilla (suomeksi): https://youtu.be/Z3LomahS6nk • Verkkolehdet 80-luvulla (englanniksi): https://youtu.be/X84muuaySVQ • Tietokonekronikat: Kotikäyttöiset pöytätietokoneet (1990) (englanniksi): https://youtu.be/m-DHVCISvTo • 90-luvun internetin käyttöopas lapsille (englanniksi): https://youtu.be/mfMrVKnGzww "Back to the Future Part II", 1989 • Kaupungilla: https://youtu.be/d68yRIE9OvQ • Café 80s: https://youtu.be/2zYu_TxIFDM • Takaa-ajo: https://youtu.be/TkyLnWm1iCs • Kotona: https://youtu.be/5ztwns5PkjY Verkkopohjainen valkotaulu (Flinga): https://edu.flinga.fi/s/EJJE2JJ
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti ja ryhmätyö Aktiviteetin alussa opiskelijat jaetaan pienryhmiin, joissa aiheita tarkastellaan. Opettaja kannustaa opiskelijoita keskustelemaan oppitunnin aiheista.

	Tietotekniikan historia Katsokaa yhdessä vanha videopätkä/-pätkiä tietotekniikasta 80- tai 90-luvuilta. Opiskelijoita pyydetään • tekemään muistiinpanoja videon katselun aikana. • keskustelemaan ryhmässä seuraavista näkökulmista: ○ Mitä on muuttunut videon tekemisen jälkeen? ○ Miten haastateltavien arviot tulevaisuudesta osuivat toteutuneeseen? "Back to the Future Part II", 1989 Katsokaa yhdessä videopätkä/videopätkiä elokuvasta "Back to the Future Part II" vuodelta 1989. Opiskelijoita pyydetään • tekemään muistiinpanoja videon katselun aikana aiheesta... ○ Mitä yhteneväisyyksiä huomaat nykypäivään? ○ Mitä eroja huomaat nykypäivään? • keskustelemaan huomioista ryhmässä: ○ Merkitkää huomionne verkkopohjaiselle valkotaululle (Flinga). • pohtimaan lisäksi ryhmässä: ○ Mitä nykytodellisuuden asioita ennusteesta puuttuu? ○ Minkälaiset ennusteet ovat onnistuneet? ○ Minkälaiset ennusteet menivät pieleen? ○ Mistä se voisi johtua? Skenaariot Opiskelijoita pyydetään pohtimaan kirjoittamiaan tulevaisuusskenaarioita keskusteluista saamiensa uusien ideoiden valossa. • Opiskelijoita pyydetään tarkastelemaan skenaarioitaan uudelleen. • Heitä pyydetään pohtimaan: ○ Kuinka paljon asiat ovat muuttuneet nykyisyydestä? ○ Mitkä asiat ovat eri tavalla kuin nykyään? ○ Mitkä asiat ovat samoin kuin nykyään? Kesäpäivä 2035 Tämä osa voidaan jättää opiskelijoille kotitehtäväksi. Opiskelijoita pyydetään lukemaan tulevaisuusskenaariokirjoittelunsa uudelleen ja muokkaamaan/kommentoimaan niitä.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	• Opettajan tulisi korostaa erityisesti videoiden yhteiskunnallisia ulottuvuuksia ja varmistaa, että opiskelijat huomaavat ne: esimerkiksi sukupuolinen polarisaatio ("vain pojat tarvitsevat tietokoneita"). • Aktiviteetti vaikuttaa olevan opiskelijoiden mielestä hauska ja se herättää hyviä keskusteluja.

<i>Muita huomioita</i>	• Tämä aktiviteetti tarjoaa hyvän mahdollisuuden sillan muodostamiseen moduulin käsitteellisten ja tulevaisuuteen liittyvien ulottuvuuksien välille. Opettajan tulee pitää tämä mielessään suunnitellessaan aktiviteetin toteuttamista. • Tähän aktiviteettiin on haettu ideoita teachthefuture.org-sivuston "View from the Past" -tehtävästä.
--------------------------------------	---

AKTIVITEETTI 11: Johdatus kvanttimekaniikkaan

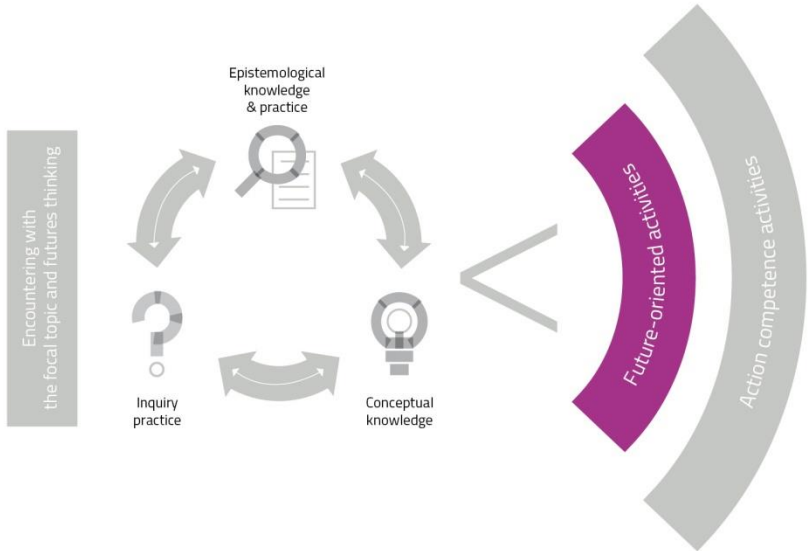
Sijoittuminen moduuliin Epistemologiset tiedot ja taidot Käsitteellinen tieto	 Tässä aktiviteetissa esitellään kvanttimekaniikan ja kvanttilaskennan tärkeimmät käsitteet. Johdanto aiheeseen toteutetaan käyttämällä pelkistettyä synteettisten kokeiden kuvausta (Stern-Gerlachin koetta), ja tavoite on tehdä kvanttimekaniikasta mahdollisimman helposti lähestyttävää menettämättä kuitenkaan tieteellistä tarkkuutta. Opiskelijoita kannustetaan hylkäämään klassinen ajattelutapansa ja astumaan kausaalisesta logiikasta todennäköisten ennusteiden laatimiseen. Johdatus kvanttimekaniikkaan alkaa havainnolla siitä, että elektronilla on tiettyjä binäärisiä ominaisuuksia (spin). Stern-Gerlachin kokeen avulla esitetään, kuinka nämä binääriset ominaisuudet näkyvät mittauksissa, ja superposition sekä kvanttimekaanisen todennäköisyystulkinnan käsitteet esitellään. Opiskelijat oppivat myös ilmaisemaan yksinkertaisia kvanttimekaanisia systeemejä matemaattisesti käyttäen ns. Diracin notaatiota.
Tavoitteet	käsitteelliset • ymmärtää vektorin ja vektoreiden superposition käsitteet • tutustua tilavektorin käsitteeseen • tutustua todennäköisyystulkinnan ja tilavektorin normalisaation ideoihin epistemologiset • keskustella ja ylittää epistemologisia raja-aitoja klassisen ja kvanttimaailman välillä • ymmärtää, että fysiikan ongelmille ei ole aina yksikäsitteistä ratkaisua

	sosiaaliset/emotionaaliset • oppia sietämään epävarmuutta kvanttifysiikan ongelmien ratkaisemisessa • herättää opiskelijoiden uteliaisuus kvantti-ilmiöitä kohtaan • osallistua henkilökohtaisesti keskusteluun kvanttifysiikasta • omaksua kvanttifysiikan käsitteet sanavarastoon ja keskustella erilaisista näkökulmista • laajentaa mielikuvitusta mahdollisista tulevaisuuden STEM-urista, joihin kvanttifysiikka liittyy
Varattava aika	<i>Opettaja voi valita, haluaako hän opettaa käyttäen vain dioja vai hyödynnetäänkö oppitunnilla myös videoita.</i> • Jos opettaja haluaa opettaa käyttämällä vain dioja, oppituntia varten tulee varata noin tunti. • Videoiden pituus on yhteensä 27 minuuttia (7:18 min; 11:02 min; 8:23 min). Opettajan kannattaa valmistautua pysäyttämään video silloin tällöin ja aktivoimaan opiskelijoita keskusteluun. Keskustelujen voi odottaa kestävän yhteensä vähintään 15 minuuttia. Jos keskustelut järjestetään pienryhmissä, tulee niitä varten varata enemmän aikaa. • Kvanttiharjoitusten tekeminen kestää noin tunnin. Ne voidaan jättää myös kotitehtäviksi tai tehdä erillisellä harjoitustunnilla.
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Oppitunti ja diat sisältävät neljä osaa: Yleinen johdanto; Johdatus elektronin binäärisiin ominaisuuksiin; Stern-Gerlachin koe ja Yhteenveto. • Yleisen johdannon tarkoitus on antaa opiskelijoille idea kvanttimekaniikan oudosta ja usein järjen vastaisesta luonteesta ja kannustaa heitä lähestymään aihetta avoimin mielin. • Yleiseen johdantoon opettaja voi myös halutessaan sisällyttää historiallista taustaa kvanttifysiikan kehityksestä. • Stern-Gerlachin koe -osiossa opiskelijoille esitetään erilaisia kysymyksiä ja niistä keskustellaan yhdessä. Luentovideot <u>Luku 1 osa 1</u> Tässä videossa keskitytään elektronin binäärisiin ominaisuuksiin. Video kattaa olennaisilta osin diojen osion Johdatus elektronin binäärisiin ominaisuuksiin. <u>Luku 1 osa 2</u> Tämä video kattaa diojen osan Stern-Gerlachin koe sisällön. Siinä perehdytään aiheeseen hieman syvemmin ja yhdistetään esitelty synteettinen koe kuuluisaan kaksoisrakokokeeseen.

	<u>Luku 2 osa 1</u> Tällä videolla syvennytään aiheeseen tarkemmin. Videolla on joitakin matemaattisia merkintätapoja ja teoreettista taustaa edellisiin videoihin liittyen. Tämä ei ole olennaista tietoa moduulin kannalta, mutta saattaa antaa opettajalle hyödyllistä taustatietoa. <i>Luentovideot on laatinut yliopistonlehtori Kimmo Tuominen sekä tutkijatohtori Venus Keus.</i> Harjoitukset Moniste: Kvanttiharjoitukset (pdf) & ratkaisut (pdf) Harjoituksissa käsitellään seuraavia aiheita: • tilavektorit • normalisaatio • todennäköisyystulkinta Kotitehtävävideo https://youtu.be/VsBuuwGj3zs
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Järjestetään oppitunti käyttäen videoita tai ei, opiskelijoita tulee kannustaa keskusteluun koko tunnin ajan. • Mikäli luentovideoita käytetään oppitunnilla, videot tulee pysäyttää silloin tällöin, ja opettajan tulee pyytää opiskelijoita pohtimaan videoissa esiin nostettuja kysymyksiä. • Jos opettaja haluaa opettaa ilman luentovideoita, opetus tulee keskeyttää vastaavasti sopivissa kohdissa mahdollisten kysymysten esittämiseksi ja niihin vastaamiseksi. Valinnaista: pienryhmäkeskustelut Opiskelijat voidaan jakaa neljän tai viiden opiskelijan pienryhmiin. Ryhmiä pyydetään keskustelemaan oppitunnilla heränneistä kysymyksistä ja esittämään keskustelun lopputulokset koko luokalle. Harjoitukset Opiskelijat voivat tehdä harjoituksia yksin tai ryhmissä. Ratkaisut löytyvät erillisestä monisteesta. Kotitehtävä <i>Ohjeet opiskelijoille:</i> Katso video ja mieti ryhmäsi valitsemaa aihetta. Tee muistiinpanoja aiheeseen liittyvistä sovelluskohteista ja ongelmista. Tuliko sinulle videosta mieleen muita

	ajatuksia tai ideoita ryhmätyötä ajatellen? Ota muistiinpanot mukaan seuraavalle tunnille.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	• Suosittelemme opettajaa tutustumaan luentovideoihin ennen oppitunnin toteuttamista – vaikka videoita ei käytettäisikään tunnilla. • Oppitunnilla opeteltuja asioita olisi hyvä harjoitella mahdollisimman pian tunnin jälkeen tekemällä harjoitukset kotitehtävänä tai ohjatulla harjoitustunnilla. • Opettaja voi kannustaa opiskelijoita selittämällä, että kaikkia aktiviteetin asioita ei tarvitse heti ymmärtää.
Lisämateriaalit	Simulaatioita Stern-Gerlachin kokeesta • https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/stern-gerlach • https://phet.colorado.edu/en/contributions/view/2988 muut materiaalit: • Stern-Gerlachin koe: https://en.wikipedia.org/wiki/Stern-Gerlach_experiment • Kvanttimekaaninen tila: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_state • Diracin notaatio: https://en.wikipedia.org/wiki/Bra-ket_notation • Kvanttimekaaninen superpositio: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_superposition
Muita huomioita	• Opettajan olisi hyvä tehdä siirtymä klassisesta ajattelutavasta kvanttimekaaniseen ajatteluun mahdollisimman näkyväksi. Tämä harppaus ajattelussa voidaan myös yhdistää toiseen moduulin aikana tehtävään siirtymään tulevaisuusajattelussa. • Myös kvanttimekaniikan todennäköisyysluonne voidaan yhdistää tulevaisuuden ennakkoinnin epävarmuuteen käsitteellisellä tasolla.

AKTIVITEETTI 12: Ongelman kartoittaminen ja systeemiajattelu

Sijoittuminen moduuliin <i>Tulevaisuus- orientoituneet aktiviteetit</i> <i>Toimintakompe- tenssiaktiviteetit</i>	 Tässä aktiviteetissa opitaan käytännön työkaluja ongelmien kartoittamiseen ja systeemiajatteluun. Aktiviteetin sisältö yhdistyy opiskelijoiden omiin "tulevaisuusprojekteihin" ja heidän tulevaisuusskenaarioidensa tarkasteluun. Aktiviteetin yleisempi tavoite on tarjota opiskelijoille uusia keinoja tulevaisuuksien ajatteluun muuttuvassa ja kompleksisessa maailmassa sekä tukea heitä kokemaan toimijuutta oman elämänsä suhteen. Aktiviteetti esittelee opiskelijoiden "tulevaisuusprojektien" tekoprosessin. Aluksi opiskelijat ohjataan valitsemaan ongelma ryhmän valitseman aiheen kontekstissa. Seuraavaksi ryhmät määrittelevät valitun ongelman tarkemmin ja asettavat sen osaksi laajempaa, kompleksista systeemiä. Systeemin osat ja parametrit määritellään, ja lopuksi opiskelijat valitsevat yhden näkökulman (vipupisteen) systeemiin, johon he haluavat keskittyä projektissaan.
Tavoitteet	käsitteelliset • ymmärtää sidosryhmien käsite ja tunnistaa systeemien moniulotteisuus • ymmärtää systeemin, emergenssin, palauteketjun, kompleksisuuden ja kompleksisen järjestelmän käsitteet • oppia tunnistamaan palauteketjuja ja kausaalisia suhteita systeemien sisällä • oppia soveltamaan ongelmanmäärittelytapoja, kuten "5 WHYS" • oppia tunnistamaan systeemin vipupisteitä epistemologiset • oppia systeemin mallinnuksen perusperiaatteet • tunnistaa simulaatioiden teho tieteellisenä työkaluna

	- oppia tunnistamaan ja muodostamaan palauteketjuja ja muita yhteyksiä systeemin osien välillä ja oppia arvioimaan niitä - oppia käyttämään episteemisiä (tieteellisiä) käytäntöjä, kuten argumentointia, selittämistä, kysymysten asettamista ja hypoteesien muodostamista epäselvän ongelman määrittelemiseksi ja olennaisen ongelman löytämiseksi pinnan alta - tunnistaa argumentointi, selittäminen, kysymysten esittäminen ja hypoteesien muodostaminen tärkeiksi episteemiseksi käytännöiksi, joita voidaan käyttää minkä tahansa kompleksisen kontekstin analysoinnissa - tunnistaa "ulottuvuuden" käsite (poliittinen, sosiaalinen, taloudellinen, tieteellinen, eettinen, ympäristöön liittyvä, ammatillinen...) tärkeäksi kompleksisen kontekstin eri osien ja sidosryhmien välisten suhteiden selvittämisessä sosiaaliset/emotionaaliset - oppia neuvottelemaan ja perustelevaan omaa ratkaisua ryhmässä - alkaa tuntea toimijuutta ongelmanratkaisussa
Varattava aika	1–1,5 tuntia
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Oppitunti ja diat sisältävät seitsemän osaa: Ongelman valitseminen; Ongelman määrittely; Hyökkääjä/suojelija -peli; Mikä on systeemi?; Systeemiajattelu; Systeemin määrittely ja Vipupisteiden tunnistaminen. Diat sisältävät kaikki ohjeet ryhmätyöskentelyyn. Muut Ongelman määrittely "5 WHYS" -moniste (word & pdf) "5 WHYS" on metodi, jota käytetään tietyn ongelman taustalla olevien syy-seuraus-suhteiden tutkimiseen. Sen tarkoitus on määrittää ongelman perimmäinen syy toistamalla kysymystä "miksi?" Jokainen vastaus muodostaa perustan seuraavalle kysymykselle. Perimmäinen syy löydetään usein viidellä toistolla. Kaikkiin ongelmiin ei ole olemassa yhtä ainoaa perimmäistä syytä. 5 WHYS -menetelmää voidaan soveltaa useita kertoja kaikkien perimmäisten syiden löytämiseksi. Hyökkääjä/suojelija -peli - Pelin säännöt ovat dioissa. - Videolla on esimerkki pelistä: https://youtu.be/vPVbdV3FQoI
Opetusmenetodit	Opettaja ohjaa keskusteluja ja työskentelyä projektiryhmissä Aktiviteetin alussa opiskelijat kerääntyvät projektiryhmiinsä. Aiheista keskustellaan ryhmissä ja yhdessä luokan kesken. Ryhmien on tarkoitus dokumentoida ideansa ja

löydöksensä keskustelujen aikana, sillä dokumentointia tarvitaan projektityöskentelyn aikana.

Ongelman valitseminen

Ohjeet opiskelijoille:

1. Kierros ryhmissä: jokainen kertoo vuorollaan lyhyesti itseä kiinnostavasta aihealueesta ja siihen liittyvistä ajatuksista
 - Saitko kotitehtävävideosta lisäideoita?

Viitaten videoon: <https://youtu.be/VsBuuwGj3zs>

2. Etsikää yksi ongelma, johon jaatte mielenkiinnon
 - Ongelma voi liittyä yhteiskuntaan, teknologiaan, ympäristöön, kulttuuriin, talouteen, politiikkaan...
 - Joku kytkös tietotekniikan / kvanttietokoneiden kehitykseen

Ongelman määrittely

Jokaiselle ryhmälle annetaan oma "5 WHY's" -monisteensa.

Ohjeet opiskelijoille:

Kirjoittakaa ongelman määritelmä

- Tarkentakaa, täsmentakää, neuvotelkaa yksimielisyys!
- Miksi se on ongelma?
- "5 WHY's" -menetelmä
- Pohdi eri näkökannoilta (eri ihmisryhmät, ympäristö...)

Systeemin määrittely

Ohjeet opiskelijoille:

3. Tehkää vapaamuotoinen miellekartta ongelmasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä
 - Tekijät voivat liittyä mm. teknologiaan, talouteen (investoinnit ym.), infrastruktuuriin, lakeihin ja asetuksiin, asenteisiin, arvoihin...
 - Merkitkään karttaan myös tunnistamanne tahot (eri ihmisryhmät, teollisuus, elinkeinot, ympäristöjärjestöt...) – miten he vaikuttavat?
4. Pohtikaa myös takaisinkytkentöjä – merkitkää karttaan!

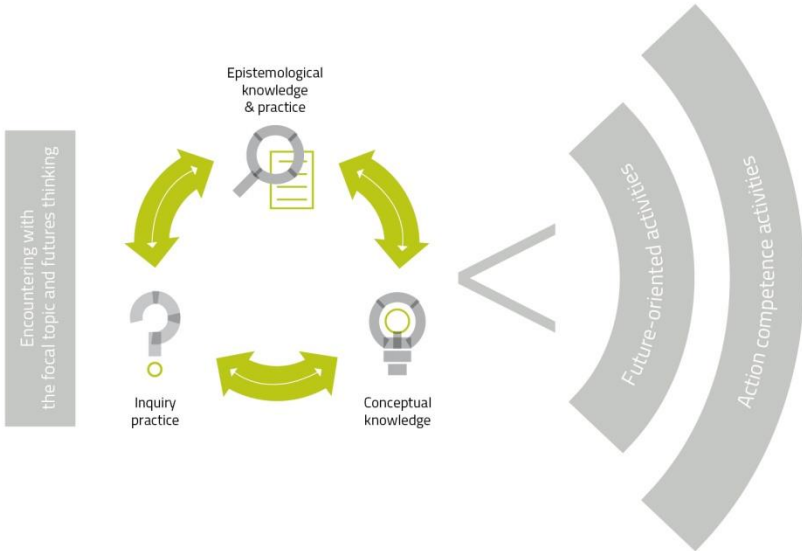
Vipupisteiden tunnistaminen

Ohjeet opiskelijoille:

5. Arvioikaa miten helppoa/vaikeaa on vaikuttaa systeemin eri osiin
 - vihreä: voi vaikuttaa suoraan (nämä ovat järjestelmän "vipupisteitä")
 - keltainen: voi vaikuttaa välillisesti
 - punainen: vaikea muuttaa – voi vaikuttaa välillisesti pitkän ketjun kautta

	6. Valitkaa yksi vipupiste! - Sellainen johon liittyy tietotekniikka / kvanttietokoneet (esim. laskentateho, mallintaminen, datan kerääminen, koneoppiminen...) Peli kompleksisesta systeemistä Hyökkääjä/suojelija -peli Peli vaatii paljon tilaa. Voitte siirtyä käytävään tai aulaan pelaamaan. <i>Ohjeet opiskelijoille:</i> Valitse kaksi satunnaista ihmistä; A ja B - A on hyökkääjä ja B on suojelija - Liiku niin, että pidät suojelijan itsesi ja hyökkääjän välissä! - Pohditaan ensin: mitä tapahtuu? - Seuraavaksi sinä olet suojelija! Pidä itsesi A:n ja B:n välissä!
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	- Hyökkääjä/suojelija -peli on hauska tapa opettaa, miten pieni muutos systeemissä saattaa aiheuttaa merkittävän muutoksen lopputulokseen. 5 WHYS, miellekartta: Opettajan tulisi seurata keskustelua kussakin ryhmässä ja ohjata keskustelua esittämällä tukikysymyksiä, jos opiskelijoilla on vaikeuksia tärkeimpien kohtien hahmottamisessa. Jos ryhmäkeskustelut lipsuvat tehtävän ulkopuolelle tai ideoissa ei hyödynnetä kvanttilaskentaa (tai muuta annettua aihetta/työkalua), opettajan tulisi palauttaa keskustelu takaisin annettuun ongelmaan ja työkaluihin. - Kompleksisia systeemejä käsiteltäessä opiskelijoita voidaan muistuttaa (kvantti)tietokoneiden simulointitehosta. Heitä voidaan kannustaa käyttämään tätä näkökulmaa tulevaisuusprojektiensa suunnittelussa.
Muita huomioita	- Tässä aktiviteetissa opiskelijat työstävät omia "tulevaisuusprojektejaan" opetellessaan ongelman kartoittamisen ja systeemijattelun taitoja. Tämän integroidun ratkaisun tarkoitus on tehdä oppimisesta motivoivampaa ja saada opiskelijat soveltamaan välittömästi oppimiaan taitoja ja tekniikoita valitsemaansa ongelmaan. - Hyökkääjä/suojelija -peli on peräisin verkkosivulta teachthefuture.org

AKTIVITEETTI 13: Kvanttilaskenta

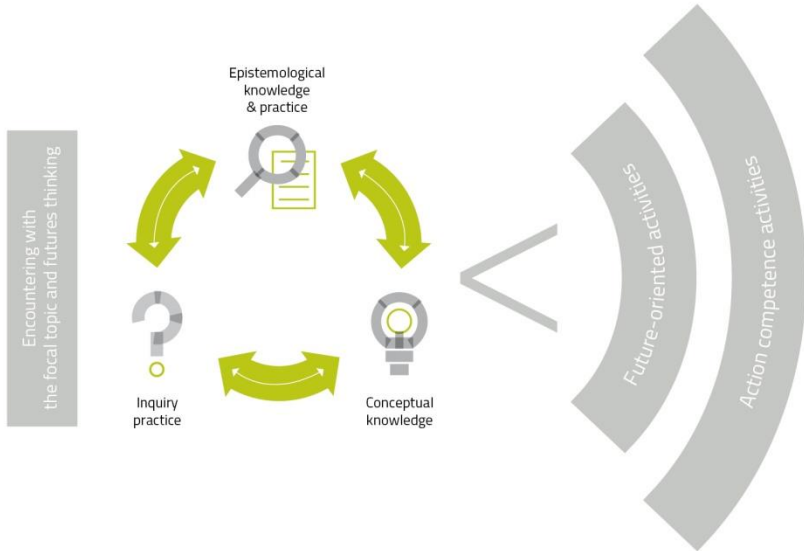
Sijoittuminen moduuliin Epistemologiset tiedot ja taidot Käsitteellinen tieto Tutkimisen taidot Silta tieteen ja tulevaisuuden välillä	 Tämä aktiviteetti havainnollistaa klassisten tietokoneiden rajoja kompleksisten järjestelmien simuloimisessa ja esittelee kvanttietokoneiden tarjoamia mahdollisuuksia simuloinnille. Syy niiden ylivoimaiseen laskentatehoon ja kykyyn suorittaa kompleksisia simulaatioita löytyy aiempien aktiviteettien esittelemistä kvanttiominaisuuksista. Opiskelijoita kannustetaan siirtymään uuteen laskentaparadigmaan ja korvaamaan bitit kubiteilla (eli kvanttibiteillä). Aktiviteetin aluksi pohditaan kvanttilaskennan simuloitintehoa. Tehtävässä hyödynnetään IBM Q:n opetusmateriaaleja kubittien ja kvanttiporttien (mittaus, X, H, ja CNOT) logiikasta. Opiskelijoille näytetään video IBM:n kvanttietokoneesta, ja he pääsevät kokeilemaan ohjelmointia oikealla kvanttietokoneella.
Tavoitteet	käsitteelliset • ymmärtää kubitin käsite • tutustua erilaisiin kvanttiloogisiin portteihin • oppia käyttämään kvanttimekaniikan ominaisuuksia laskennan kontekstissa epistemologiset • muodostaa konkreettisempi kuva mittauksesta kvanttifysiikassa • ymmärtää kvanttietokoneiden tarjoamat mahdollisuudet kompleksisten systeemien simuloimiselle • oppia uusia ajattelutapoja laskentaan liittyen ja mukautua uudenalaiseen logiikkaan

	sosiaaliset/emotionaaliset - herättää uteliaisuus kvantti-ilmiöitä kohtaan - perehtyä henkilökohtaisesti kvanttialgoritmien parissa työskentelyyn IBM Q Quantum Composerin avulla - laajentaa mielikuvitusta mahdollisista tulevaisuuden STEM-urista, joihin kvanttifysiikka ja kvanttilaskenta liittyvät
Varattava aika	Varattava aika riippuu siitä, kuinka kauan opettaja haluaa antaa opiskelijoiden kokeilla IBM Q Quantum Composeria. Pelkkien materiaalien käsittely kestää noin 45–60 minuuttia .
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Oppitunti sisältää neljä osaa: Kompleksisuus; Kvanttitietokone; Biteistä kubitteihin ja Kvanttilaskenta käytännössä. Video Diojen osassa Kvanttitietokone on linkki seuraavaan videoon: <i>The Sounds of IBM, IBM Q:</i> https://youtu.be/o-FyH2A7Ed0 Muut välineet Mahdollisuuksien mukaan opiskelijoiden tulisi antaa kokeilla kvanttitietokonetta itse. Tätä varten heille annetaan käyttöön tietokoneet (ei mielellään tabletteja tai älypuhelimia) tai heitä voidaan pyytää tuomaan omat laitteet mukanaan oppitunnille. Mikäli tämä ei ole mahdollista, opettaja voi yhteisesti näyttää opiskelijoille, miten Quantum Composeria käytetään tietokoneella.
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Oppitunnin kolme ensimmäistä osaa, Kompleksisuus; Kvanttitietokone ja Biteistä kubitteihin, voidaan opettaa interaktiivisena oppituntina. Opettajan tulee kannustaa opiskelijoita keskusteluun oppitunnin aiheista ja vastata mahdollisiin kysymyksiin. - Osassa Kompleksisuus opiskelijoita voidaan pyytää miettimään erilaisia kompleksisia järjestelmiä ja niiden tutkimisen rajoitteita. - Dioissa on joitakin esimerkkikuvia kompleksisista järjestelmistä (ilmasto, kaupungit/liikenne, ihmiskeho) ja tutkimusaloja, jotka toimivat kompleksisten järjestelmien parissa (lääketiede, kemia). Opettaja voi halutessaan lisätä ja korvata esimerkkejä. - Diojen osassa Kvanttitietokone on video IBM:n kvanttitietokoneesta. Koko videota ei tarvitse katsoa (4 min 45 s). Videon tarkoitus on näyttää opiskelijoille, miltä kvanttitietokone näyttää ja tehdä se laitteena hieman konkreettisemmaksi.

	Vaihtoehto 1: Demonstraatio Jos opiskelijoille ei ole mahdollista tarjota tietokoneita, opettaja voi käydä läpi oppitunnin viimeisen osan, Kvanttilaskenta käytännössä, näyttämällä opiskelijoille, miten erilaiset kvanttiportit toimivat. Jokaisen portin toimintaa havainnollistetaan IBM Q Quantum Composerilla. Vaihtoehto 2: Yksilö-/ryhmätyö Jos opiskelijoille voidaan antaa tietokoneet, he voivat tutustua IBM Q Quantum Composeriin itseksensä tai pienryhmissä. Heitä voidaan pyytää ajamaan esiteltäviä algoritmeja samaan aikaan ja tuloksia voidaan vertailla. Näin pystytään havainnollistamaan kvanttimekaniikan todennäköisyysluonne (tulokset / tulosten todennäköisyydet vaihtelevat hieman).
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	• Opettaja voi painottaa, että IBM Q on oikea kvanttietokone, ei vain simulaatio, mikä tekee aktiviteetista opiskelijoille jännittävemmän. • Ohjelmien suorittaminen kvanttiprosessorilla vie aikaa, ja tulokset lähetetään ohjelmoijalle sähköpostitse, mikä ei ole oppitunnilla kovin kätevää. Saattaa olla järkevää havainnollistaa kvanttiprosessorin käyttöä vain kerran ja muuten käyttää Quantum Composerin tarjoamia simulaatioita. • Opettajan on hyvä tutustua IBM Q -materiaaleihin huolellisesti ennen oppituntia. Monia niistä voidaan hyödyntää tunnilta. Saattaa olla myös mahdollista ottaa yhteyttä IBM:n henkilökuntaan ja pyytää heitä pitämään tunti Skypen välityksellä tai muulla tavoin auttamaan kvanttilaskentaosiossa.
Lisämateriaalit	IBM Q -materiaalit: • https://www.research.ibm.com/ibm-q/learn/what-is-quantum-computing/ • https://quantumexperience.ng.bluemix.net/qx/tutorial?sectionId=beginners-guide&page=introduction • https://quantumexperience.ng.bluemix.net/qx/tutorial?sectionId=full-user-guide&page=introduction • https://quantumexperience.ng.bluemix.net/qx/editor videot: • Supertietokoneiden tulevaisuus? https://youtu.be/VsBuuwGj3zs • Miksi tarvitsemme pilveen sijoitettua kvanttietokonetta? https://youtu.be/wfsUxdYSOFs • Kvantti ja kemia: https://youtu.be/qarc7AA4-wM • Miten kvanttilaskenta toimii: https://youtu.be/WVv5OAR4Nik • Kubitit: https://youtu.be/RAPkNeVYmeM • Kvanttilogiikka: https://youtu.be/YTNug9tQOzU muut materiaalit: • Kvanttilaskenta: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_computing • Kubitti: https://en.wikipedia.org/wiki/Qubit

	Kvanttiportit: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_logic_gate
Muita huomioita	IBM Q -laskentamateriaalien käyttäjärekisteröinnin ohjeet Rekisteröidy täällä: https://quantumexperience.ng.bluemix.net/qx/signup ➤ Kirjoita "Enter your institution" -kenttään koulusi nimi. ➤ Kenttään "What would you like to use the IBM Q Experience for?" voit vastata esimerkiksi: We use IBM Q Experience on a quantum computing course of [koulusi nimi]. ➤ Saat vahvistuksen sähköpostitse. Sinun tulee napsauttaa sähköpostissa olevaa linkkiä ennen kuin voit kirjautua verkkosivulle. Kirjautumisen jälkeen voit käyttää IBM Q:n oikeaa kvanttiprosessoria. Huomaathan, että jokaisella käyttäjällä on vain rajattu määrä käyttökertoja päivässä.

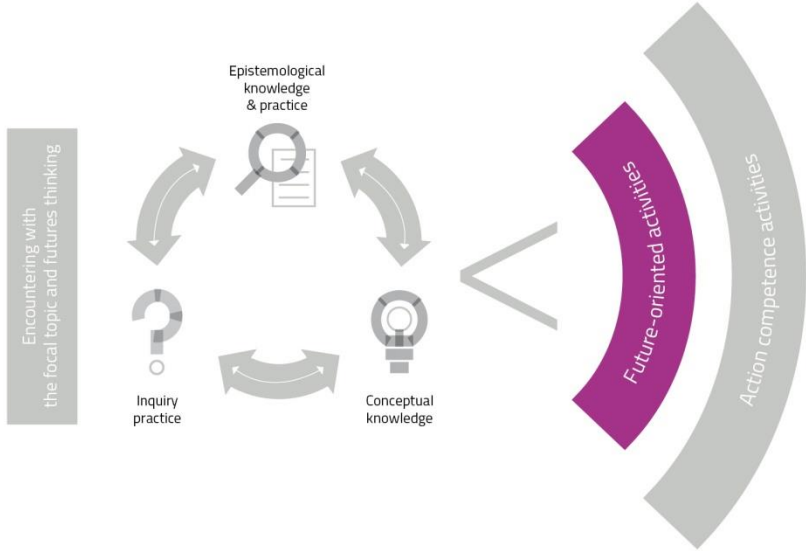
AKTIVITEETTI 14: Deutschin algoritmi

Sijoittuminen moduuliin Epistemologiset tiedot ja taidot Käsitteellinen tieto	 Tässä aktiviteetissa esitellään yksinkertaisin todellinen kvanttialgoritmi, Deutschin algoritmi, hyödyntäen edellisessä aktiviteetissa opittua kubittien ja kvanttiporttien peruslogiikkaa. Kvanttilaskennan tehoa havainnollistetaan ratkaisemalla Deutschin ongelma ensin klassisesti ja sitten kvanttimekaanisesti. Näemme, että klassisesti ratkaisun löytämiseen tarvitaan kaksi kokeilua, kun kvanttimekaanista ratkaisua käyttämällä päästään yhdellä kokeilukerralla. Deutschin ongelma selitetään ja ratkaistaan ensin klassisesti. Sen jälkeen kvanttimekaaninen algoritmi ongelman ratkaisemiseksi käydään läpi vaiheittain yhdessä opiskelijoiden kanssa. Lopuksi keskustellaan lyhyesti myös muutamasta muusta kvanttialgoritmista ja oppitunnista tehdään yhteenveto.
Tavoitteet	käsitteelliset • ymmärtää, millaisia algoritmeja kvanttitietokoneilla suoritetaan • oppia rakentamaan monimutkaisempia toimintoja kvanttiporteja käyttämällä • tutustua joihinkin esimerkkialgoritmeihin • ymmärtää, millaisia ongelmia kvanttitietokoneilla voi ratkaista epistemologiset • harjoitella kvanttitietokoneiden logiikkaa ja ymmärtää muutos ajattelussa klassisesta laskennasta kvanttilaskentaan • ymmärtää kvanttilaskennan potentiaali käytännössä

	sosiaaliset/emotionaaliset • oppia sietämään epävarmuutta kvanttifysiikan ongelmia ratkaistessa • herättää uteliaisuus kvanttietokoneita kohtaan • laajentaa mielikuvitusta mahdollisista tulevaisuuden STEM-urista, joihin kvanttilaskenta liittyy
Varattava aika	1–1,5 tuntia
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Diat sisältävät neljä osaa: Kvanttialgoritmit; Deutschin ongelma; Deutschin algoritmi ja Yhteenveto. Muut Deutschin algoritmi • Algoritmin matemaattinen esitys (pdf)
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti ja ryhmätö • Opettaja kannustaa keskusteluun osissa Kvanttialgoritmit ja Yhteenveto. • Osassa Deutschin ongelma käsitelty ongelma tulee selittää yksityiskohtaisesti ja opiskelijoiden kysymyksiin vastata. • Osassa Deutschin algoritmi opiskelijoita pyydetään tekemään vaiheittaisia laskelmia samaan aikaan opettajan kanssa. He voivat tehdä laskut pienryhmissä ja keskustella ajatuksistaan. Opettajan tulee selittää kaikki välivaiheet rauhassa ja huolellisesti.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	• Vaikka edellisten oppituntien asiat olisivat opiskelijoille tuttuja, algoritmi ja laskut ovat heille todennäköisesti vaikeita. Opettajan tulee kuitenkin kannustaa heitä ottamaan haaste vastaan. • Deutschin algoritmi tulee esitellä opiskelijoille tarpeeksi hitaassa tahdissa. Opiskelijat tarvitsevat aikaa kunkin välivaiheen omaksumiseen, ja opettajan tulee varmistaa, ettei kukaan putoa kärryiltä.
Lisämateriaalit	videot: • Kvanttialgoritmit: https://youtu.be/-ysVGWtAjo • Deutschin algoritmi: https://youtu.be/5xsyx-aNCIM muut materiaalit: • Kvanttialgoritmi: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_algorithm • Deutschin algoritmi: https://en.wikipedia.org/wiki/Deutsch-Jozsa_algorithm

	• Deutschin algoritmi IBM Q -käyttöoppaassa: https://quantumexperience.ng.bluemix.net/proxy/tutorial/full-user-guide/004-Quantum_Algorithms/080-Deutsch-Jozsa_Algorithm.html • Shorin algoritmi: https://en.wikipedia.org/wiki/Shors_algorithm • Groverin algoritmi: https://en.wikipedia.org/wiki/Grovers_algorithm
Muita huomioita	Deutschin algoritmin käsittelemisen syyt tulee perustella opiskelijoille. Algoritmilla ei ole käytännön sovelluksia, mutta se demonstroi kvanttilaskennan tehoa hyvin.

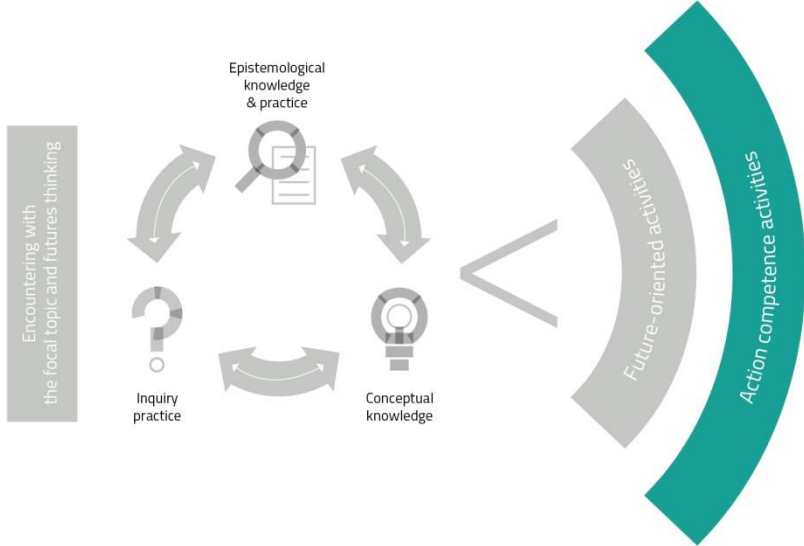
AKTIVITEETTI 15: Skenaariot

Sijoittuminen moduuliin <i>Tulevaisuus- orientoituneet aktiviteetit</i> <i>Toimintakompe- tenssiaktiviteetit</i>	 Tässä aktiviteetissa skenaarioiden laatimisen tekniikoita ja tarinankerrontaa käytetään laajentamaan opiskelijoiden näkemyksiä tulevaisuuksista. Aktiviteetti korostaa mahdollisuuksien ja tulevaisuuksien moninaisuutta. Opiskelijat oppivat myös, kuinka vaikeaa yksittäisen tulevaisuuden tavoittaminen on. Tulevaisuuksien moninaisuuden nähdään tarjoavan lukuisia erilaisia mahdollisuuksia, ja opiskelijat johdatetaan pohtimaan, kuinka toivottavaan skenaarioon voitaisiin päästä. Aktiviteetissa esitellään skenaarion käsite tarinana tulevaisuudesta. Opiskelijat oppivat tulevaisuuksien monimuotoisuutta havainnollistavan tulevaisuuskartion perusidean. Aktiviteetin lopuksi opiskelijat pääsevät työstämään "tulevaisuusprojektejaan" ja skenaarioiden kehittämiseksi he käyttävät kolmea oleellisesti erilaista tulevaisuus-ajattelun metodia.
Tavoitteet	käsitteelliset • ymmärtää skenaarion ja tulevaisuuskartion käsitteet • tunnistaa kolme perustavalla tavalla erilaista tulevaisuusajattelun tapaa (oletettu, mahdollinen ja toivottava) • käyttää näitä kolmea ajattelutapaa erilaisten skenaarioiden kehittämisessä • siirtyä yksittäisen tulevaisuuden ajatuksesta tulevaisuuksien moninaisuuden ajatukseen epistemologiset • hyödyntää väittelyn, selittämisen, oletusten kyseenalaistamisen ja hypoteesien muodostamisen episteemisiä käytäntöjä skenaarioiden kehittämisessä

	sosiaaliset/emotionaaliset • laajentaa mielikuvitusta tulevaisuudesta valikoidun aihepiirin sisällä • hyödyntää emotionaalista, arvokeskeistä elementtiä tulevaisuusajattelussa (toivottujen skenaarioiden luominen) • keskustella toiveista ja arvoista vertaisten kanssa
Varattava aika	45 minuuttia tai mielellään enemmän opiskelijoiden ryhmätöiden tukemiseen Ryhmätöosuutta voidaan pidentää ja opiskelijoille voidaan antaa enemmän aikaa "tulevaisuusprojektien" parissa työskentelemiseen. Tämän aktiviteetin teoriaosuus on suhteellisen lyhyt ja vie vain noin 10–20 minuuttia.
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Oppitunti ja diat sisältävät neljä osaa: Tarinat; Tulevaisuuskartio; Kolme tapaa ajatella tulevaisuutta ja Erilaisten skenaarioiden kuvittelu. Osa Erilaisten skenaarioiden kuvittelu sisältää ohjeet ryhmätööhön. Muuta Erilaisten skenaarioiden kuvittelu • Skenaariot-moniste (word & pdf) • Monisteita voidaan käyttää harjoituksen tekemiseen. Vaihtoehtoisesti opiskelijat voivat käyttää tietokoneita kirjoittaessaan skenaarioitaan muistiin.
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Opettaja kannustaa opiskelijoita keskusteluun oppitunnin sisällöstä. Opiskelijat voivat myös keskustella aiheista pienryhmissä (erityisesti tulevaisuuskartion ideasta), jos ryhmät muodostetaan jo oppitunnin alussa. Ryhmätöyöskentely Oppitunnin lopuksi opiskelijoita pyydetään miettimään omia "tulevaisuusprojektejaan" oppitunnin antaman tiedon valossa. Opiskelijat voivat myös olla koko tunnin projektiryhmissään. Erilaisten skenaarioiden kuvittelu Opiskelijat ohjataan kehittämään skenaarioita valitsemastaan ongelmasta käyttämällä kolmea perustavalla tavalla erilaista lähestymistapaa, keskittymällä vuorotellen 1. suuntauksiin ja ekstrapolointiin, 2. epäjatkuviivuuksiin ja vaihtoehtoisin oletuksiin ja 3. omiin toiveisiinsa ja valintoihinsa. Ohjeet opiskelijoille: Miten valitsemanne ongelma voisi kehittyä vuoteen 2035 mennessä? Kuvailkaa skenaariot muutamalla lauseella/ranskalaisella viivalla. Pohtikaa koko systeemiä.

	1. Oletettu skenaario - Mihin nykyiset suuntaukset johtavat? 2. Mahdollinen skenaario - Mitä voisi tapahtua, jos kyseenalaistetaan oletuksia ja sääntöjä, otetaan riskejä, tulee yllätyksiä...? Liioitelkaa joidenkin vipupisteiden vaikutuksia! 3. Toivottava skenaario - Visioikaa jokin toivottava skenaario: On vuosi 2035. Mikä on ongelman tilanne? Entä koko systeemin? - Kirjoittakaa muutama uutisotsikko (HS, torstai 3.5.2035)! Viimeisessä vaiheessa (toivottava skenaario) kätevä ajatuskoe on ollut seuraava: Nielette illalla taikapillerin, heräätte seuraavana aamuna vuonna 2035 ja ongelma on ratkaisu! Katselkaa ympärillenne: mikä muu on muuttunut systeemissä?
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	- Opettajan kannattaa kiertää luokassa, puhua ryhmille ja auttaa ohjaavilla kysymyksillä opiskelijoita kehittämään skenaarioitaan. - Opettajan on hyvä tukea opiskelijoita erityisesti oletusten tunnistamisessa ja kyseenalaistamisessa vaihtoehtoisten skenaarioiden kehitysvaiheessa ("Mikä oletuksenne on tässä? Mitä tapahtuisi, jos asia ei olisi niin?"), systeemijattelun ylläpitämisessä ("Mitä vipupistettä käytätte nyt? Miten se vaikuttaa muihin systeemin osiin? Miten muut sidosryhmät reagoivat siihen?") - Tässä aktiviteetissa tarvitaan luovuutta ja yhteistyötä, ja ryhmädynamiikalla on suuri merkitys tehtävän onnistumiselle. Opettajan rooli saattaa olla tärkeä opiskelijoiden kannustamisessa käyttämään mielikuvitustaan, ajattelemaan vapaasti ja voittamaan henkiset esteet. Onkin suositeltavaa, ettei skenaarioiden kehittämistä jätetä kokonaan kotitehtäväksi, vaan asian opettamiseen käytetään aikaa.
Muita huomioita	Tässä aktiviteetissa käytetyt skenaarioiden kehittämismenetelmät ovat yhdistelmä tunnettuja tulevaisuudentutkimuksen ideoita. Osaan "3 tapaa ajatella tulevaisuutta" on saatu innoitusta teachthefuture.org-sivustolta, erityisesti materiaalista "System thinking, complexity, forecasts, & the future".

AKTIVITEETTI 16: Backcasting

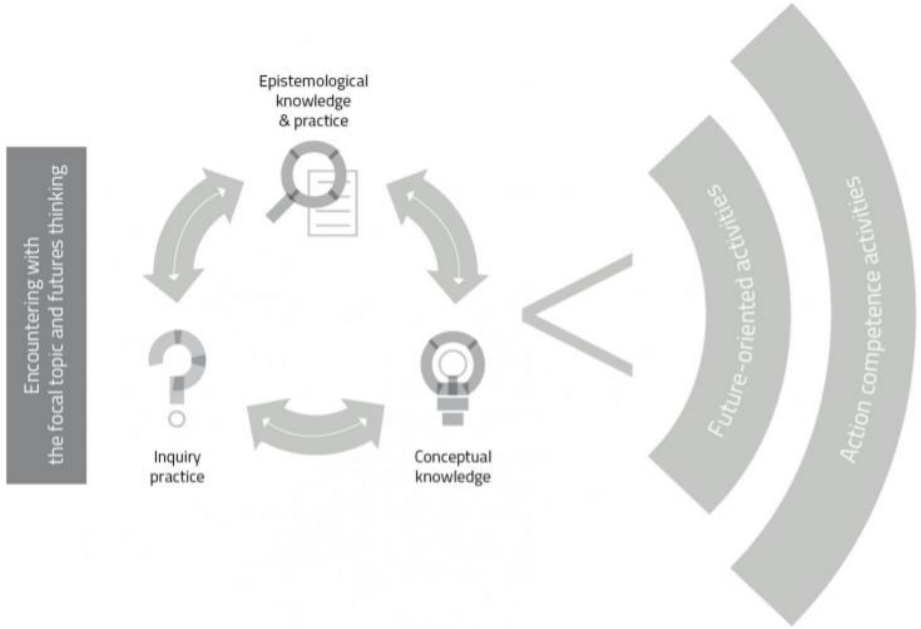
Sijoittuminen moduuliin Toimintakompetenssiaktiviteetit Tulevaisuus-orientoituneet aktiviteetit	 Tämän aktiviteetin tavoite on tarjota opiskelijoille työkaluja aktiivisen toimijan roolin omaksumiseen tulevaisuuteensa vaikuttamisessa ja mahdollisen toiminnan kuvittelemiseksi käytännössä. Avuksi tähän esitellään backcasting-menetelmä. Backcasting on voimaannuttava metodi kytkeytyä emotionaalisesti toivottuun tulevaisuuteen ja toiminnan suunnitteluun. Opiskelijoita kannustetaan kuvittelemaan toivottava tulevaisuus ja etsimään oma polkunsä sitä kohti. Aktiviteetissa opiskelijat johdatetaan backcasting-harjoituksen läpi. Menetelmässä hahmotellaan polku nykyhetken ja toivottavan tulevaisuuden välille käyttäen tulevaisuuden kuvittelua menneessä aikamuodossa. Tämän tehtävän lopputulos esitellään projektien loppuesityksissä. Ohjeet esityksiin annetaan oppitunnin materiaaleissa. Oppitunnin lopuksi tai oppitunnin jälkeen opiskelijoita pyydetään arvioimaan henkilökohtaisia, kirjallisia tulevaisuusskenaarioitaan uuden tiedon ja näkökulmien valossa.
Tavoitteet	käsitteelliset • oppia käyttämään backcasting-menetelmää • oppia arvioimaan omia tulevaisuudenvisioita uuden tiedon ja näkökulmien valossa • oppia ilmaisemaan strategia ongelman ratkaisemiseen toivotulla tavalla • oppia yhdistämään omat henkilökohtaiset ja ammatilliset tulevaisuudenvisiot sekä oma rooli ja identiteetti moduulin aikana saatuun tietoon ja näkökulmiin • hyödyntää luovan ajattelun tekniikoita

	sosiaaliset/emotionaaliset • ymmärtää omat mahdollisuudet toimia tulevaisuuden muuttamiseksi valitun aihepiirin sisällä • oppia projisoimaan itsensä omaan toivottuun tulevaisuuteen • oppia tekemään yhteistyötä ja työskentelemään pienryhmässä
Varattava aika	• 1 h + esitysten valmisteluun tarvittava aika • kotitehtävä
Materiaalit	Diat (ppt & pdf) Oppitunti ja diat sisältävät kolme osaa: Backcasting; Esitykset ja Kotitehtävä. • Ensimmäinen osa, Backcasting, sisältää vaiheittaiset ohjeet opiskelijoille backcasting-harjoituksen tekemiseen. • Toinen osa, Esitykset, sisältää ohjeet opiskelijoille projektitöiden esitysten valmisteluun. • Viimeinen osa, Kotitehtävä, sisältää ohjeet opiskelijoille heidän kirjallisten tulevaisuusskenaarioidensa arvioimiseksi. Tämä osa voidaan jättää kotitehtäväksi tai suorittaa tunnilla. Välineet esitysten valmisteluun ja pitämiseen Backcasting-harjoitusta ja esitysten valmistelua varten opiskelijoille tulisi antaa paperia tai elektroniset laitteet muistiinpanojen ja aikajanan tekemiseen. Opettajan tulee tarkistaa, onko opiskelijoilla välineitä videoklippien tekemiseen, ennen kuin tehtävä määritellään pakolliseksi. Opiskelijoille tulee tarjota asianmukaiset laitteet ja tilat esitysten pitämiseksi.
Opetusmenetelmät	Ryhmätyöskentely Koko oppitunti koostuu ryhmätyöstä. Opiskelijat jaetaan projektiryhmiinsä ja he tekevät harjoitukset näissä ryhmissä. <i>Ohjeet opiskelijoille:</i> Backcasting • Lähtökohta: visioimanne toivottava skenaario • Menkää askel kerrallaan takaisinpäin vuodesta 2035 ○ Mitä tapahtui, jotta systeemi muuttui? ○ Mitä te itse teitte? Kenen apua tarvitsitte ja mitä he tekivät? ○ Mitä esteitä kohtasitte ja miten voititte ne? ○ Missä roolissa kukin teistä haluaa olla tässä prosessissa?

	• Tehkää vapaamuotoinen aikajana 2019–2035 ○ Merkitkää merkittävät askeleet ja tapahtumat, jotka johtivat ratkaisuun ○ Mitä teitte ihan aluksi vuonna 2019? Esitykset • Esitelmää ongelmanne ja valitsemanne vipupiste • Esitelmää skenaarionne vuodelle 2035: Mikä on ongelman tilanne? Keitä te olette? • Kertokaa menestystarinanne: Mitä tapahtui välillä 2019–2035! ○ Mitä saavutitte ja miten? Mitä esteitä kohtasitte? ○ Mitä vaikeuksia voititte? Ketkä auttoivat teitä ja miten? • Esityksen kesto 10 min • Osana esitystä lyhyt (n. 3 min) video ○ Videolla voi kertoa kokemuksia projektista, esitellä ongelmaa ja / tai sen ratkaisua, skenaariota 2035... • Muuten esityksen muoto on vapaa Itsenäinen työskentely Viimeinen harjoitus voidaan jättää kotitehtäväksi tai sille voidaan varata aikaa itsekseen suoritettavana harjoituksena tunnin lopussa. Ihanteellisessa tapauksessa opiskelijoille annetaan omaa tilaa ja aikaa harjoitukseen keskittymiseksi. <i>Ohjeet opiskelijoille:</i> Kotitehtävä • Lue uudelleen tulevaisuusskenaariosi – oletko saanut uusia ajatuksia siihen? • Muokkaa ja / tai kommentoi alkuperäistä versiota • Korosta muutokset esim. punaisella värillä • Voit lisätä kommentteja kohtiin, joissa ajattelusi on muuttunut
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	• Opiskelijoiden voi olla vaikeaa hyödyntää backcasting-menetelmää, sillä ennustamiseen on helppo lipsua. Tämän vuoksi on tärkeää, että opettaja varmistaa, että opiskelijat pysyvät annetussa tehtävässä ja muistuttaa heitä menneen aikamuodon käyttämisestä keskusteluissa. • Edellä mainittua muistuttamista ja kannustamista tarvitaan myös lopullisten esitysten aikana, ja opettajan tulisi kysyä täydentäviä kysymyksiä esitysten jälkeen. Opettaja voi myös pyytää jotakuta ulkopuolista (kollegaa, tutkijaa tms.) isännöimään tapahtumaa uusien näkökulmien saamiseksi.
Muita huomioita	• "Backcasting"-menetelmä on kohtalaisen paljon keskustelua herättänyt tekniikka tulevaisuudentutkimuksessa, ja se on yhdenmukainen toimintakompetenssilähestymistavan kanssa.

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Ensimmäisen suomalaisen I SEE -moduulin implementaation jälkeen pidetyissä haastatteluissa opiskelijat mainitsivat backcasting-menetelmän käytön usein voimaannuttavana harjoituksena ja jonakin sellaisena, jota he voivat käyttää myös myöhemmin. |
|--|---|

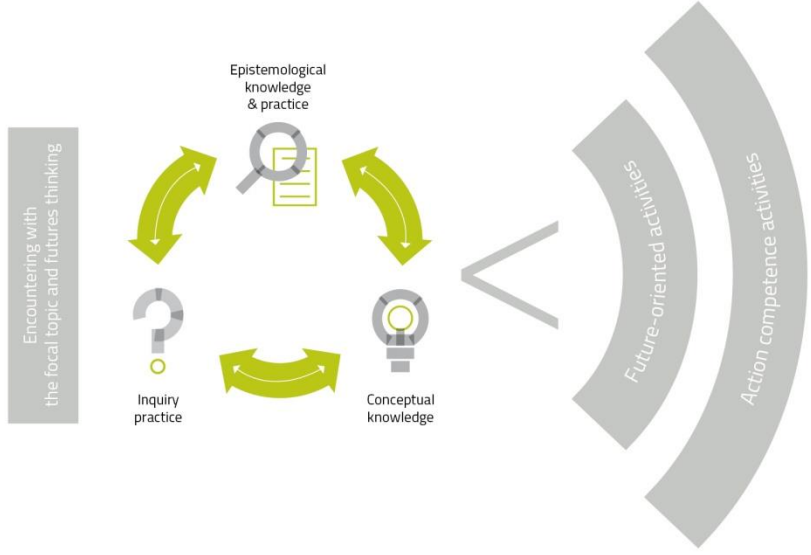
VAIHTOEHTOINEN AKTIVITEETTI 1: Klassisten tietokoneiden lyhyt historia

Sijoittuminen moduuliin Aihepiiriin tutustuminen	 Tämä aktiviteetti käsittää oppitunnin klassisten tietokoneiden lyhyestä historiasta. Tällä johdatusoppitunnilla esitellään tietokoneiden kehitystä ja logiikkaa, johon ne perustuvat. Oppitunti on suunniteltu erityisesti pohjustamaan klassisen logiikan ja kvanttilogiikan erojen vertailulle myöhemmissä aktiviteeteissa. Aktiviteetti keskittyy seuraaviin kysymyksiin: • Mitä tiedon koodaus ja käsittely tarkoittavat klassisten tietokoneiden näkökulmasta? • Miten tiedon koodaus ja käsittely ovat muuttuneet teknologisen kehityksen myötä?
Tavoitteet	käsitteelliset • ymmärtää, että klassinen tietokone noudattaa klassista logiikkaa tiedon koodaamisessa ja käsittelyssä • ymmärtää loogisten operaattorien, totuustaulujen ja loogisten porttien (OR, AND ja NOT) merkitys • ymmärtää muutoksia, jotka ovat mahdollistaneet siirtymän yhdestä tietokonesukupolvesta toiseen

	epistemologiset - tunnistaa analyysin kolme tasoa tiedon koodauksessa ja käsittelyssä: - Boolean algebraan liittyvä matemaattinen taso - loogisten porttien taso - käytettyihin teknologioihin liittyvä käyttötaso sosiaaliset/emotionaaliset - ymmärtää vauhti, jolla teknologia on kehittynyt - ymmärtää, kuinka tietokoneiden suorituskyky on kehittynyt muutaman viime vuosikymmenen aikana
Varattava aika	1 h + 15–20 min keskusteluun
Materiaalit	<u>Diat englanniksi (ppt & pdf)</u> Oppitunnin painopisteet ovat: - ymmärrys siitä, että klassiset tietokoneet noudattavat klassista logiikkaa: - tietoa käsitellään algoritmien avulla, jotka muodostuvat toisiaan seuraavista operaatioista - prosessi on deterministinen: algoritmi antaa varman tuloksen - perustason informaatio esitetään kahden toisensa poissulkevan tilan avulla: 0 ja 1 / TRUE ja FALSE - loogiset operaattorit, totuustaulukot ja loogiset portit: OR, AND, NOT - kahden binäärisen luvun summan laskeminen loogisten porttien avulla - ymmärrys siitä, että klassisten tietokoneiden logiikka pysyy samana, vaikka laitteet ja ohjelmistot muuttuvat hyvin nopeasti - ymmärrys siitä, että loogisia portteja (OR, AND, NOT) voidaan tehdä myös mekaanisesti köysistä ja taljoista (ks. Dewdney, 1988). - ymmärrys siitä, että tiedon koodausta ja käsittelyä voidaan analysoida kolmella tasolla: - Boolean algebraan liittyvä matemaattinen taso - loogisten porttien taso - käytettyihin teknologioihin liittyvä käyttötaso - tietokoneiden kehityksen lyhyt historia: merkittävimmät muutokset laitteissa ennen internetin keksimistä - ymmärrys siitä, että teknologinen kehitys on mahdollistanut sellaisten ohjelmistojen kehittämisen, jotka ovat yhä kauempana klassisesta sekvenssilogiikasta - ymmärrys siitä, että ohjelmistot kehittyvät sen mukaisesti, millaisia ongelmia niiden avulla tulee pystyä ratkaisemaan
Opetusmenetodit	Oppitunnin aikana Opiskelijoita kannustetaan kommentoimaan tai kysymään omia kysymyksiä.

	Oppitunnin loppuksi Opiskelijoita kannustetaan osallistumaan keskusteluun.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	Vaikka opiskelijat käyttävät tietokoneita säännöllisesti tiedon käsittelyyn, useimmat heistä eivät todennäköisesti tunne tietokoneen tiedon koodauksen ja käsittelyn takana olevaa logiikkaa.
Lisämateriaalit	A. K. Dewdney. (1998). An ancient rope-and-pulley computer is unearthed in the jungle of Araphul. <i>Scientific American</i>. Vol. 258, No. 4, s. 118–121.

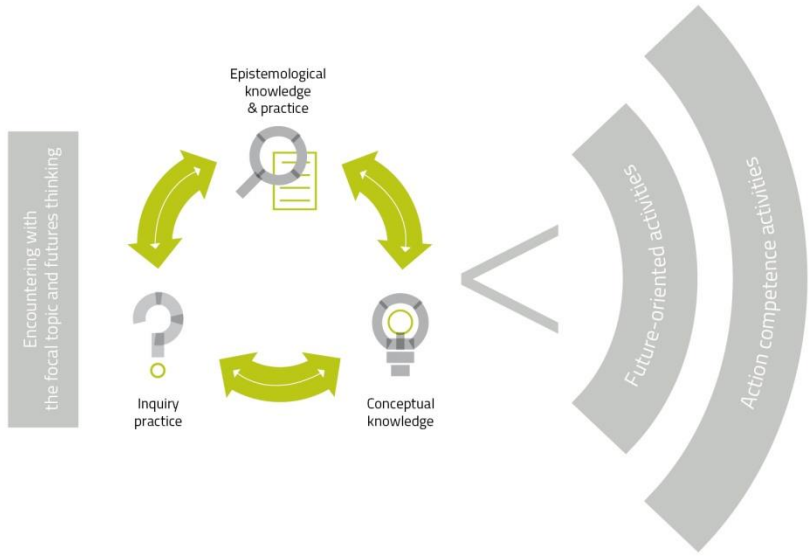
VAIHTOEHTOISET AKTIVITEETIT 3 & 4: Kahden kubitin systeemit ja kryptografia

Sijoittuminen moduuliin Käsitteellinen tieto Epistemologiset tiedot ja taidot	 Tämän aktiviteetin tavoite on soveltaa superpositioperiaatetta kahden kubitin järjestelmän kuvaamisessa ja esitellä lomittuminen järjestelmän aitona kvanttiominaisuutena. Lomittumisen käsitteellistä merkitystä ja potentiaalia korostetaan kryptografian avulla, joka esitellään esimerkkinä kvanttiprotokollasta. Aktiviteetin painopisteet ovat: - tiedon koodaus ja käsittely kvanttietokoneessa - loogiset portit signaalien ja tiedon manipuloinnissa - lomittuneiden tilojen käsite.
Tavoitteet	käsitteelliset - ymmärtää, että kahden kubitin systeemi voidaan kuvata tilojen superpositiona ($\psi\rangle = a 00\rangle + b 01\rangle + c 10\rangle + d 11\rangle$) - tutustua lomittumisen käsitteeseen - tutustua esimerkkiin kahden kubitin loogisesta portista CNOT - tutustua mittauksen käsitteeseen kvanttifysiikassa sekä sen piiriesitykseen - saada lisää itseluottamusta edellisissä tehtävissä esitellyn piiriformalismin suhteen - saada lisää itseluottamusta piirin esityksessä - saada itseluottamusta uudenlaisten loogisten porttien suhteen: CNOT, Hadamardin portti, X, Z - ymmärtää, että uutta kvanttimekaanista logiikkaa tarvitaan sellaisten ongelmien ratkaisemiseksi, joita ei voi ratkaista klassisilla järjestelmillä

	• ymmärtää, mitä kryptografia on ja mitkä ovat suurimmat erot klassisen ja kvanttikryptografian välillä • ymmärtää havainnoijan vaikutus järjestelmään, kun kaksi henkilöä lähettää informaatiota toisilleen • ymmärtää, että kryptografia avaa uusia mahdollisuuksia, joiden vaikutukset ulottuvat laajalle (poliittiset, yhteiskunnalliset, taloudelliset, eettiset, ympäristölliset, ammatilliset... vaikutukset) • alkaa ymmärtää lomittumisen olemusta todellisena resurssina lukuisiin sovelluksiin epistemologiset • tunnistaa mittauksen vaikutukset kvanttijärjestelmään • tunnistaa, että jotkut ongelmat voidaan ratkaista kvanttifysiikan ja uuden kvanttilogiikan avulla • alkaa tunnistaa joidenkin kvanttiprotokollien (esim. kryptografiaprotokollan) tärkeys ja tehokkuus • alkaa tunnistaa kvanttimekaniikkaan perustuvien sovellusten vaikutus ja laajuus sosiaaliset/emotionaaliset • alkaa pohtia kvanttikryptografian potentiaalia ja riskejä oman maailmankuvan ja arvojen mukaisesti • laajentaa mielikuvitusta mahdollisiin tulevaisuuden STEM-aloihin liittyen • osallistua henkilökohtaisesti yhteiseen keskusteluun ja kertoa omista näkemyksistä
Varattava aika	1,5 tuntia
Materiaalit	<i>Diat vuorovaikutteista oppituntia varten (englanniksi)</i> • <i>Kahden kubitin systeemit (ppt & pdf)</i> • <i>Kryptografia (ppt & pdf)</i> • johdatus mittauksen käsitteeseen eroavaisuutena klassisten ja kvanttietokoneiden välillä • johdatus kvanttimekaaniseen mittaukseen probabilistisena ja destruktiivisena • johdatus koko järjestelmää kuvaavan tilan $Q\rangle = a 0\rangle + b 1\rangle$ kertoimien a ja b todennäköisyystulkintaan: $p_0 = a ^2$ on todennäköisyys saada mittauksessa tulokseksi 0 ja $p_1 = b ^2$ on todennäköisyys saada mittauksessa tulokseksi 1 • johdatus useiden kubittien systeemeihin, erityisesti kahden kubitin systeemeihin • johdatus kahden kubitin loogiseen porttiin CNOT, sen toimintaan, piiriesitykseen ja totuustauluun • johdatus mittaustulosten välillä vallitsevan korrelaation käsitteeseen

	• johdatus lomittumiseen erityisenä korrelaationa kahden kvanttiobjektin tilojen välillä • johdatus Bellin tiloihin, jotka kuvaavat maksimaalisesti lomittuneita tiloja • esitys piiristä, joka tuottaa maksimaalisesti lomittuneita tiloja • johdatus kryptografiaan: <i>Tekniikka, jonka avulla viesti voidaan esittää muodossa, jossa ainoastaan viestin vastaanottaja voi sen ottaa vastaan ja lukea.</i> • julkisen avaimen kryptografia • kryptografian lyhyt historia • RSA-protokolla ja yksityisen avaimen salauksen purkamisen rajat • kvanttietokoneiden potentiaali klassisten tietokoneiden rajoitusten voittamisessa • johdatus BB84-protokollaan simulaation avulla: Miten avaimen vaihtaminen on mahdollista ilman, että kahdella käyttäjällä on jaettua salaista tietoa? • esitys tuloksista, jotka Alice ja Bob saavat, jos he suorittavat mittaukset samojen akselien tai eri akselien suuntaisesti • johdatus kvanttimittauksen vaikutukseen, jos kolmas havainnoija yrittää siepata viestin
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Opettaja kannustaa jokaista opiskelijaa osallistumaan oppituntiin aktiivisesti ja osallistumaan erityisesti silloin, kun mittauksen vaikutus kahden kubitin systeemiin esitellään.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	• Opiskelijat ovat olleet aiheesta erittäin kiinnostuneita. • Opiskelijat ovat osallistuneet erittäin aktiivisesti erityisesti, kun mittaus on esitelty systeemiä häiritsevänä operaationa. He paneutuivat opetukseen erityisesti kvanttilogiikkaosuuteen (CNOT-portin esittely, piirit, jotka tuottavat maksimaalisesti lomittuneita tiloja). • Opiskelijat osallistuivat erittäin aktiivisesti myös oppitunnin viimeiseen osaan, jossa esiteltiin kryptografiaa. Opiskelijat vaikuttivat alkavan ymmärtää uusien teknologioiden potentiaalia ja alkoivat pohtia niiden positiivisia ja negatiivisia puolia.
Lisämateriaalit	BB84-protokolla: https://www.standrews.ac.uk/physics/quvis/simulations_html5/sims/BB84_photons/BB84_photons.html

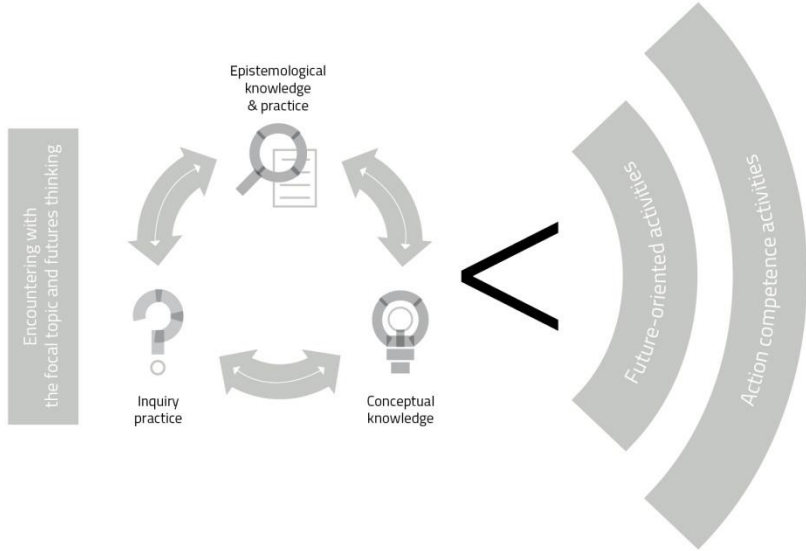
VAIHTOEHTOINEN AKTIVITEETTI 5: Teleportaatio vertailuna kokeen ja piirin välillä

Sijoittuminen moduuliin Käsitteellinen tieto Epistemologiset tiedot ja taidot	 Aktiviteetin tavoite on valottaa sitä, miten koe voidaan lukea uudelleen piirin näkökulmasta käyttämällä vertailua kokeen ja perustason teleportaatioprotokollan välillä. Se vahvistaa lomittumisen käsitettä ja korostaa uuden logiikan olemassaoloa sekä kubittiin koodatun tiedon käsitettä. Aktiviteetin painopisteitä ovat erityisesti: • kokeelliset työkalut tiedon käsittelyssä • kokeen simulointi • loogiset portit signaalien ja informaation käsittelyssä • teleportaation potentiaali
Tavoitteet	käsitteelliset • ymmärtää, että tilaa kuvataan tilojen ($H\rangle$ ja $V\rangle$; $\uparrow\rangle$ ja $\downarrow\rangle$; $0\rangle$ ja $1\rangle$) superpositioina • vahvistaa lomittumisen käsitettä ja ymmärrystä "spooky action at distance" - ilmiöstä (EPR-paradoksi) • ymmärtää kokeen logiikkaa ○ luodaan kaksi paria lomittuneita fotoneja (c ja d; a ja b) ○ projisoidaan fotonit b ja c Bellin tilaan ○ mittaus ja tuloksista viestiminen klassisen kanavan kautta ○ operaatiot alkuperäisen tilan palauttamiseksi • ymmärtää, että kokeelliset työkalut manipuloivat systeemin kokonaistilaa siten, että teleportaatiota tapahtuu

	• saada itseluottamusta piirin esityksessä • ymmärtää, että nykyään uutta kvanttilogiikkaa tarvitaan ratkaisemaan monenlaisia ongelmia • saada itseluottamusta uuden logiikan ja formalismin suhteen • saada itseluottamusta uudenlaisten loogisten porttien suhteen: CNOT, Hadamardin portti, X, Z • ymmärtää mittauksen vaikutus kvanttimekaniikassa • alkaa ymmärtää, miten koetta voidaan tulkita ja lukea uudelleen loogisten porttien avulla • alkaa ymmärtää simulaatioiden merkitystä tarkastelemalla konkreettista esimerkkiä • ymmärtää, että tilan käsitteleminen vastaa informaation käsittelemistä • ymmärtää, että teleportaatio avaa uusia mahdollisuuksia, joiden vaikutukset ovat laajat (poliittiset, yhteiskunnalliset, taloudelliset, eettiset, ympäristölliset, ammatilliset... vaikutukset) • ymmärtää, että lomittuminen ja "spooky action at distance" tarjoavat todellisen resurssin monille sovelluksille • ymmärtää, miten lomittuminen saattaa osoittautua käännekohtaksi kvantti-internetin kehitykselle epistemologiset • tunnistaa, että on olemassa ongelmia, jotka voidaan ratkaista vain kvanttifysiikalla • alkaa ymmärtää, miten koe on mahdollista tulkita loogisten porttien avulla • tunnistaa, että koe ja piiri ovat kaksi tapaa ratkaista sama tehtävä • ymmärtää simulaatioiden rooli • alkaa tunnistaa kvanttimekaniikkaan perustuvien sovellusten vaikutus ja laajuus sosiaaliset/emotionaaliset • alkaa pohtia kvanttietokoneiden ja kvantti-internetin potentiaalia ja riskejä oman maailmankuvan ja arvojen mukaan • laajentaa mielikuvitusta mahdollisiin tulevaisuuden STEM-aloihin liittyen • osallistua henkilökohtaisesti keskusteluun luokassa ja kertoa omista näkemyksistä
Varattava aika	1 h 15 min
Materiaalit	<i>Diat vuorovaikutteista oppituntia varten (englanniksi; ppt & pdf)</i> • Muistutus ensimmäisellä oppitunnilla käytetyistä analyysin tasoista: ○ narratiivinen ○ looginen ○ mekaaninen • Alicen ja Bobin tarina kontekstiksi tehtävään • Korostetaan sitä, että tehtävä on ratkaistavissa ainoastaan kvanttiteleportaation avulla

	• Esitys fysikaalisesta koejärjestelystä korostaen kokeen logiikkaa: ○ luodaan kaksi paria lomittuneita fotoneja ○ kaksi fotonia, jotka eivät alun perin ole lomittuneita, projisoidaan Bellin tilaan ○ Alicen suorittama mittaus ja siitä viestintä klassisen kanavan kautta ○ Bobin toiminta Alicen alkuperäisen tilan palauttamiseksi sen jälkeen, kun tämä on saanut tietää Alicen mittaustuloksen • Teleportaatioprotokolla esitellään • Laskelmat siitä, mitä tilalle tapahtuu sen kulkiessa loogisten porttien läpi, ja vaihteittainen vertailu kokeen ja piirin välillä ○ peräkkäiset CNOT- ja Hadamardin portit kahden lomittumattoman tilan projisoimiseksi Bellin tilaan ○ mittauseräoperaattori piirissä ja Alicen vastaava toiminta ○ viestintä mittaustuloksesta piirissä (00, 01, 10, 11) ja kokeessa ○ X- ja Z-porttien käyttäminen ja vastaavasti jännitteen kohdistaminen EOM:ään alkuperäisen teleportaatiotilan palauttamiseksi • Kvanttiverkostojen esittäminen pohjana seuraaville: ○ pilvilaskenta ○ kvantti-internet • Kvantti-internetin pääasialliset osat esitellään ○ lomittuminen esitetään epävakana linkkinä, joka riippuu ympäristön eri olosuhteista (kuten terminen kohina) ○ maksimaalisesti lomittuneen tilan käsite ○ kvanttitoistimen käyttö kvanttiviestintäalueen laajentamiseksi lähettäjän ja vastaanottajan välillä
Opetusmenetelmät	Vuorovaikutteinen oppitunti Opettaja kannustaa jokaista opiskelijaa osallistumaan dialogiseen oppituntiin aktiivisesti ja erityisesti silloin, kun matemaattiset välivaiheet esitellään. Opettaja myös huolehtii, että koko luokka osallistuu yhteiseen toimintaan.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	• Opiskelijat ovat olleet aiheesta erittäin kiinnostuneita. • Koeosuutta, sekä loogista että mekanista tasoa, ei ole ollut välittömästi helppoa seurata, mutta keskustelun lopuksi opiskelijat ovat vaikuttaneet ymmärtäneen asiat. Toisen osan aikana, jossa käsitellään piiriä, opiskelijat ovat vaikuttaneet innostuneilta ja he ovat osallistuneet aktiivisesti erityisesti logiikkaosuuteen. • Viimeinen osa auttoi opiskelijoita ymmärtämään teleportaation mahdollisuuksia kvantti-internetin näkökulmasta.

VAIHTOEHTOINEN AKTIVITEETTI 6: Kvanttitietokoneiden sovellukset ja vaikutukset yhteiskunnassa

Sijoittuminen moduuliin <i>Silta tieteen ja tulevaisuuden välillä</i>	 Tämän aktiviteetin pääasiallinen tavoite on kontekstualisoida kvanttitekniologioita nykyisyydessä ja tulevaisuudessa, jotta opiskelijat heräävät ajattelemaan kvanttitekniologioiden mahdollisia vaikutuksia ja sovelluksia. Aktiviteetissa painotetut vaikutukset ja sovellukset ulottuvat tieteellisen ja teknologisen tutkimuksen lisäksi myös sellaisille aloille, joita asia ei välttämättä heti aluksi tunnu koskettavan, kuten politiikka ja yhteiskunta. Koko aktiviteetin punainen lanka on Quantum Manifesto, eurooppalaisen tutkijaryhmän vuonna 2016 laatima asiakirja, jossa vedotaan Euroopan unioniin, jotta tämä käynnistäisi hankkeita kvanttitekniologioiden tutkimisen tueksi.
Tavoitteet	Käsitteelliset • ymmärtää "toisen kvanttivallankumouksen" ja "kvanttilaskennan ylivoimaisuuden" käsitteet • ymmärtää Quantum Manifesto -asiakirjan merkitys, sen tavoitteet ja toiveet Euroopan- ja maailmanlaajuisissa konteksteissa • ymmärtää kvanttitekniologioiden vaikutuksia neljällä alueella: viestinnässä, politiikassa, tieteellisessä ja teknologisessa tutkimuksessa sekä yhteiskunnassa • ymmärtää kvanttitekniologioiden tärkeys nykyisyydessä ja tulevaisuudessa • tunnistaa toisen kvanttivallankumouksen nykyiset sidosryhmät • tutustua kvanttioptimoinnin, kvanttisimulaattoreiden, kvanttilasereiden, kvantti-internetin ja kvanttiohjelmoinnin käsitteisiin

	Epistemologiset • ymmärtää tieteen, teknologian ja yhteiskunnan välisen suhteen monimutkaisuus • tunnistaa eri ulottuvuudet tiedettä tai teknologiaa kontekstualisoitaessa yhteiskunnassa • tunnistaa "ulottuvuuden" käsitteen merkitys (poliittinen, sosiaalinen, taloudellinen, tieteellinen, eettinen, ympäristöön liittyvä, ammatillinen...) kompleksisen kontekstin eri osien ja sidosryhmien välisten suhteiden selvittämisessä • tottua tieteen harjoittamisen tulevaisuusorientoituneeseen luonteeseen • pyrkiä ymmärtämään luovasti uudet yhteydet kvanttitekniikoiden ja elämän eri aspektien välillä Sosiaaliset/emotionaaliset • tulla tietoisiksi omista eettisistä arvoista, jotka liittyvät uusien teknologioiden syntymiseen • ymmärtää oman roolin merkitys yhteiskunnassa ja pyritään aktiivisesti osallistumaan yhteiskuntaan (kansalaisuustaidot) • osallistua henkilökohtaisesti ryhmäkeskusteluun (ryhmätyötaidot) • pystyä selittämään oma näkemys toisille (julkisen puhumisen taidot) • oppia jakamaan eri näkemyksiä ja toimimaan rationaalisesti, emotionaalisesti, luovasti ja vastuullisesti tulevaisuuden suhteen (monialaiset tulevaisuuden rakentamisen taidot) • laajentaa mielikuvitusta mahdollisiin tulevaisuuden STEM-aloihin liittyen
Varattava aika	2,5 h: 30 minuuttia tehtävän selittämiseen, tunti ryhmätöihin valitusta aiheesta, tunti ryhmien tulosten esittämiseen
Materiaalit	Diat englanniksi (ppt & pdf) • The Quantum Manifesto: asiakirjan ja sen tavoitteiden esittely • Tehtävän ohjeistaminen ja ryhmien muodostus henkilökohtaisten mielenkiinnonkohteiden mukaan; valitaan neljästä tehtäväpaperista Neljä tehtäväpaperia kullekin opiskelijalle (englanniksi) Tehtäväpaperit esittelevät aiheen, sen määritelmän sekä esimerkkejä. Esittämällä mielenkiintoisia kysymyksiä aiheesta opiskelijoita kannustetaan luovaan ajatteluun nykyisyyteen ja tulevaisuuteen liittyen. Tehtäväpaperit sisältävät myös linkkilistan verkkosivuille, joita opiskelijoiden tulisi pohdintansa tukena käyttää. Aiheet ovat: • Kvanttilaskenta & viestintä (word & pdf) • Kvanttilaskenta & politiikka (word & pdf) • Kvanttilaskenta & tieteellinen ja teknologinen tutkimus (word & pdf) • Kvanttilaskenta & yhteiskunta (word & pdf)

	Kartta englanniksi: "Kvanttilaskenta ja..." (yksi kullekin ryhmälle, <u>word</u> & <u>pdf</u>) Kartta sisältää useita näkökulmia siitä, mihin kvanttiteknologiat voivat vaikuttaa, sekä tyhjää tilaa uusien näkökulmien lisäämiseen. Ryhmien tulee lukea paperit huolellisesti ja keskustella tehtävästä yhdessä löytääkseen yhteyksiä ryhmän aiheen ja kartassa esitettyjen näkökulmien välillä. Kartta kuuluu ainoastaan kyseiselle ryhmälle, ja se tulee selittää muille ryhmille työn suorittamisen jälkeen. Ohjeet ryhmälle englanniksi: Teknologian uusi aikakausi – Mitä mahdollisia sovelluksia ja vaikutuksia? (yksi kullekin ryhmälle, <u>word</u> & <u>pdf</u>) Ohjeet tehtävän suorittamiseksi selitetään kokonaisuudessaan tässä. Tehtävä on jaettu kahteen osaan: • Tehtävä 6a: kartan lukeminen ja neljään tehtäväpaperiin tutustuminen, mahdollisten sovellusten ja vaikutusten etsiminen kvanttietokoneiden käytössä, yhteyksien piirtäminen ja uusien näkökulmien mahdollinen lisääminen tyhjiin kohtiin • Tehtävä 6b: keskusteleminen yhdessä yhteyksistä ja kartasta kiinnittäen huomiota vaikutusten eri ulottuvuuksiin kvanttietokoneiden sovelluksiin/vaikutuksiin liittyen; niiden yhteyksien korostaminen, jotka ryhmän mielestä ovat kaikkein merkityksellisimpiä. Myöhemmin puhutaan analyysi esitetään koko luokalle.
Opetusmenetodit	Opettaja esittelee Quantum Manifesto -asiakirjan sisällön ja tavoitteet ja kontekstualisoi sen Euroopan unionin ja tieteellisen ja teknologisen tutkimuksen näkökulmasta esittelemällä toisen kvanttivallankumouksen ja korostamalla siihen liittyvien sidosryhmien merkitystä. Tämän jälkeen opettaja selittää tehtävän ja muodostaa ryhmät, jakaa opiskelijat heidän mielenkiinnonkohteidensa mukaan tehtäväpaperien neljän aihepiiriin mukaisiin ryhmiin. Kun valittu aihe on kirjoitettu karttaan, jokainen ryhmä tutustuu ja analysoi tehtäväpaperiaan seuraavista näkökulmista: • tunnistetaan ja korostetaan kartalla sellaisia näkökulmia, jotka "koskettavat omaa aihetta tai liittyvät siihen" • löydetään arvokkaita yhteyksiä aiheen ja erilaisten kartalle valittujen näkökulmien välillä, piirretään yhteyksiä aiheen ja ovaalien välille • perustellaan yhteydet Koko aktiviteetin ajan opiskelijoita pyydetään miettimään eroa teknologioiden sovellusten ja vaikutusten välillä, ja mikäli heidän keskustelunsa johtaa heidät tunnistamaan näkökulman, jota ei kartassa ole, heitä pyydetään lisäämään se tyhjään kohtaan. Yhteydet tulee selittää ja niistä tulee keskustella kiinnittäen huomiota vaikutusten eri ulottuvuuksiin kvanttietokoneiden sovelluksiin liittyen (tieteellisiin, ympäristöllisiin, yhteiskunnallisiin, eettisiin, taloudellisiin, poliittisiin jne.). Ryhmien tulisi myös pystyä kertomaan, mitkä yhteydet ovat muita merkityksellisempiä ja miksi. Avainsanojen tai

	-virkkeiden kirjoittaminen nuolia varten voi olla järkevää. Niiden avulla voi selittää, miksi ryhmä pitää jotakin yhteyttä muita tärkeämpänä. Ryhmätyöosuuden lopuksi kukin ryhmä esittelee omat löydöksensä ja analyysinsä muille diojen, lyhyeen videon, julisteen tai lyhyen puheen muodossa.
Vinkkejä opettajille edeltävistä opetuskokeiluista	- Quantum Manifesto -asiakirjaa esiteltäessä on tärkeää korostaa yhteyttä asiakirjan ja aktiviteetin välillä. On erityisen tärkeää korostaa, että aktiviteetti on suunniteltu ohjaamaan ja analysoimaan tieteellisiä ja institutionaalisia tekstejä ja materiaaleja. On myös erittäin tärkeää vaalia <i>analyttistä asennetta</i> tehtävää kohtaan. "Arviointia hyvän ja huonon välillä" ei tehdä, vaan se siirretään tapahtuvaksi tieteellisiin teksteihin tutustumisen ja analyysiprosessin suorittamisen jälkeen. - Opettajan tulisi korostaa sitä, että kvanttitekologioita ollaan edelleen vasta ottamassa käyttöön, mutta myös sitä, että se ei kuitenkaan ole estänyt instituutioita, tieteilijöitä ja sidosryhmiä miettimästä niiden vaikutuksia ja sovelluksia. - Ja lopuksi on myös erittäin tärkeää painottaa luovuuden tärkeyttä ryhmätyössä, jotta opiskelijat saadaan ajattelemaan luovasti tehtävän aiheen tulevaisuutta.
Lisämateriaalit	Quantum Flagship -verkkosivut: https://qt.eu/ de Wolf, R. (2017). <i>The Potential Impact of Quantum Computers on Society</i>. https://arxiv.org/abs/1712.05380v1 Harrow, A.W. & Montanaro, A. (2018). <i>Quantum Computational Supremacy</i>. https://arxiv.org/abs/1809.07442

LIITE: Moduuli-implementaatio ja aktiviteettien implementaatiojärjestys Italiassa

Moduuli-implementaatio Italiassa, 5.2.-12.3.2019

Yleiskatsaus	Kvanttilaskentamoduuli implementoitiin PLS-laboratoriossa Bolognan yliopistossa talvella 2019. Moduuli toteutettiin koulun ulkopuolisena, ylimääräisenä kurssina. Kurssi kesti 20 tuntia, jotka jakautuivat kuudelle päivälle, ja siihen osallistui 25 lukiolaista (16–17-vuotiaita) eri kouluista. Kurssi oli osa Alternanza Scuola Lavoro -ohjelmaa. Moduulin suunnitteluun ja implementaatioon osallistuivat STEM-opetuksen tutkimusryhmä Bolognan yliopistosta yhteistyössä Fysiikan ja tähtitieteen laitoksen teoreettisen fysiikan professori Elisa Ercolessin kanssa.
Aktiviteetit	Kurssin aktiviteetit kronologisessa järjestyksessä: AKTIVITEETTI 1: <i>Klassisten tietokoneiden lyhyt historia</i> AKTIVITEETTI 2: <i>Johdatus kvanttimekaniikkaan</i> AKTIVITEETTI 3: <i>Kahden kubitin systeemit</i> AKTIVITEETTI 4: <i>Kryptografia</i> AKTIVITEETTI 5: <i>Kvanttiteleportaatio</i> AKTIVITEETTI 6: <i>Kvanttilaskenta & ...</i> AKTIVITEETTI 7: <i>Ongelman kartoittaminen ja systeemijattelu</i> AKTIVITEETTI 8: <i>Back to the Future</i> AKTIVITEETTI 9: <i>Luovan ajattelun perusteet</i> AKTIVITEETTI 10: <i>Skenaariot & Backcasting</i> <i>Loppuprojektien esitykset:</i> Opiskelijaryhmät esittelivät ”tulevaisuusprojektinsa” muulle ryhmälle. Aktiviteetit 1, 3, 4, 5 ja 6 ovat uusia aktiviteetteja, jotka integroitiin alkuperäiseen suomalaiseen moduuliin. Aktiviteetissa 2 käytettiin alkuperäisen aktiviteetin tavoin yksinkertaistettua spin first -lähestymistapaa kvanttimekaniikan käsitteiden esittelemiseen. Lisäksi opiskelijoille esiteltiin kahden kubitin systeemit sekä lomittumisen käsite, joka on moduulin italialaisessa versiossa keskeinen. Lomittumisen käsitettä tarvitaan kryptografian ja teleportaation käsittelemisessä, joita käytettiin konkreettisina esimerkkeinä kvanttiteknologian sovelluspotentialista. Deutschin algoritmin tilalla esimerkkinä käytettiin teleportaatioprotokollaa. Alkuperäisessä suomalaisessa moduulissa aktiviteetit implementoitiin sellaisessa järjestyksessä, että jokaisena kurssipäivänä opiskeltiin sekä käsitteellisiä tietoja ja taitoja että tulevaisuusorientoituneita aiheita. Italialaisessa moduuli-implementaatioissa ensimmäiset kolme oppituntia oli sen sijaan omistettu pitkälti kvanttifysiikan käsittelyyn (aktiviteetit 2 ja 3) ja kvanttiteknologioiden sekä niiden sovellusten esittelyyn (aktiviteetit 4, 5 ja 6). Tulevaisuus-orientoituneet aktiviteetit (10, 11, 12 ja 13) toteutettiin saman-laisina kuin alkuperäisessä suomalaisessa moduulissa.

Kommentit	• Meidän oli Italiassa aikataulutettava kurssi eri tavoin kuin suomalaisessa implementaatioissa. Kurssi sisälsi kuusi kurssikertaa (yksi viikossa), joista jokainen kesti kolme tuntia. Erilainen rytmitys sekä aiemmissa implementaatioissa esiin nousseet ongelmat (heikko yhteys kvanttietokoneiden ja tulevaisuuden välillä; Deutschin algoritmin monimutkaisuus) johtivat meidät muokkaamaan moduulia jonkin verran. ○ Kvanttietokoneiden ja tulevaisuuden välisen yhteyden voimistamiseksi kehitimme uusia aktiviteetteja, jotka käsittelevät kvanttietokoneiden merkitystä yhteiskunnassa. Näissä aktiviteeteissa esitellään Quantum Manifesto -asiakirja sekä synteettinen esitys kehitteillä olevista kvanttietokoneiden sovelluksista (ks. aktiviteetti 5). ○ Deutschin algoritmin esittelemisen sijaan päätimme käyttää teleportaatioprotokollaa ja vertailla sen algoritmista esitystapaa käytännön seuraamuksiin (ks. aktiviteetti 6). ○ Deutschin algoritmiin liittyvät ongelmat johtivat meidät etsimään globaalia ratkaisua, joka muodosti lopulta pohjan implementaatiollemme: kokeen uudelleenlukeminen loogisen piirin ja porttien muodossa. • Implementaatioissamme ainoastaan yksi moduulin osa käsitteli klassisia tietokoneita ja niiden logiikkaa (aktiviteetti 1). Emme käyttäneet juurikaan aikaa tietokoneen osien käsittelemiseen. Suurimmaksi osaksi moduuli käsitteli kvanttifysiikan keskeisiä käsitteitä sekä kvanttiteknologioita ja niiden sovelluksia. Klassisten ja kvanttietokoneiden erilaisuuden esittelemisessä nojasimme kvanttifysiikan logiikan opettamiseen. • Opiskelijoiden projektitöiden esitysten yhteydessä huomasimme, että osalla opiskelijoista oli hankaluuksia skenaarion käsitteen kanssa. Tulevaisuus-orientoituneet aktiviteetit vaikuttivat toimivan hyvin opiskelijoiden kannustamisessa ajattelemaan luovasti, ja opiskelijat tuntuivat olevan erittäin sitoutuneita tehtävien tekemiseen. Tulevaisuusskenaarion kuvittelemisessa he kuitenkin rajoittuivat ajattelemaan itseään kiinnostavaa uraa ja tunnistamaan jonkin ongelman, joka tulevaisuudessa tullaan ratkaisemaan.
-------------------------	--

Aktiviteettien implementaatiojärjestys Italiassa

