

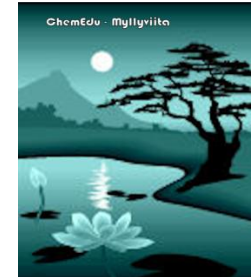
Miten luoda merkityksellistä kemian opetusta?

Ainedidaktisia näkökulmia kemian opetukseen

Ari Myllyviita, FM, yhteisöpedagogi (AMK)

Kemian ja matematiikan lehtori,
Helsingin yliopiston Viikin normaalikoulu

Kouluttaja, ChemEdu – Myllyviita
Oppikirjailija, e-Oppi



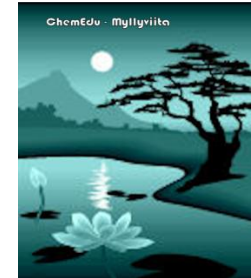
Kemian didaktisen tutkimuksen ongelmat

Tutkimuksen vähyys – kemian didaktiikan lehtoreita ja professoreita ei yksinkertaisesti ole juurikaan

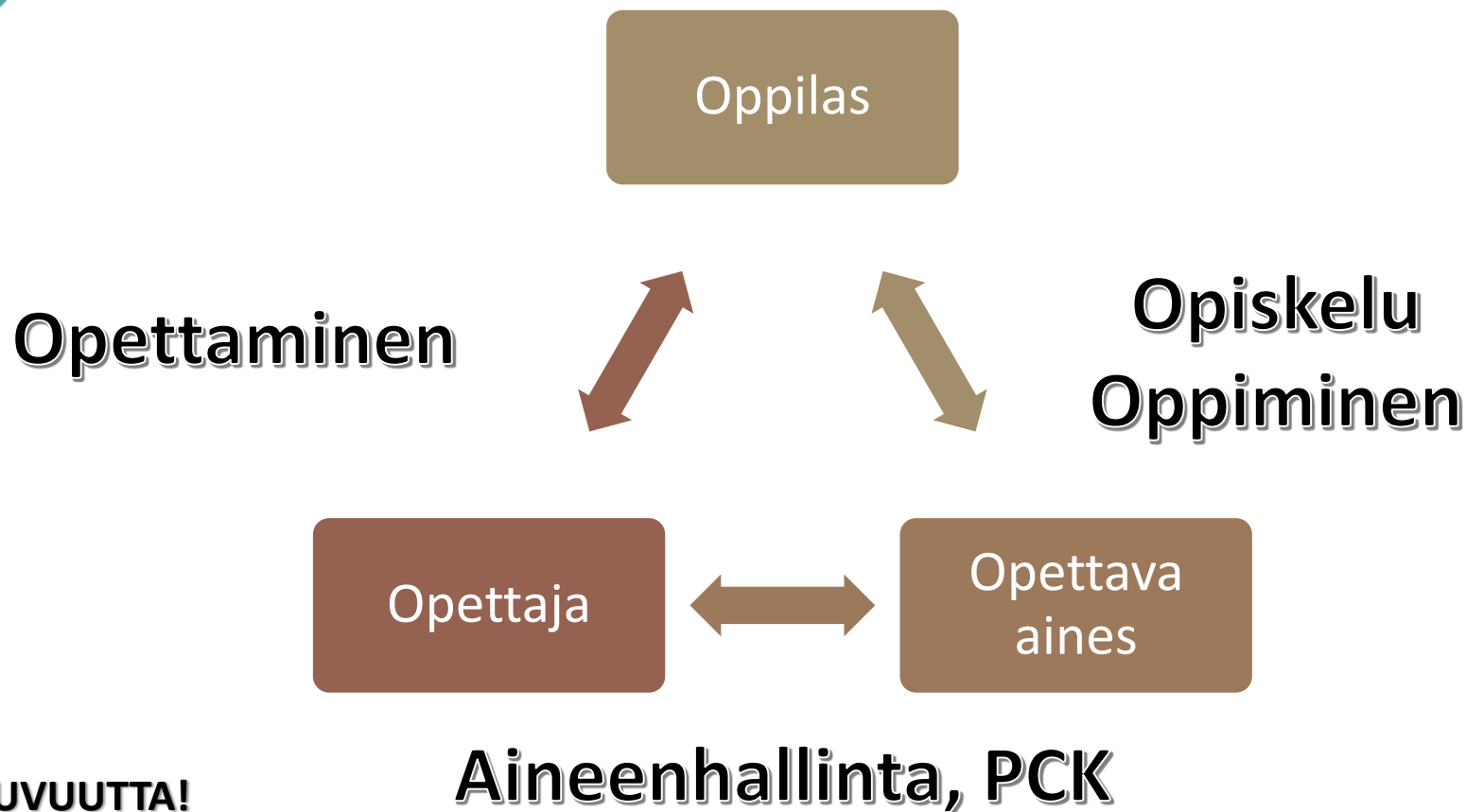
Kehittämishankkeet ja -rahoitus keskittyvät (Suomessa ja Euroopassa)

1. STEM-opetukseen ja
2. vihreän kemian (climate change education, green chemistry) opetukseen

Joista kumpikin edustavat joko median ja/tai EU:n luomaa paradigmaa kemian opetuksessa, joista STEM-opetusta ei Suomessa ole OPS:issa ja nykyinen ympäristökasvatus perustuu median luomiin kauhukuviin ilmastomuutoksesta ja hiilidioksidin vaikutuksista.

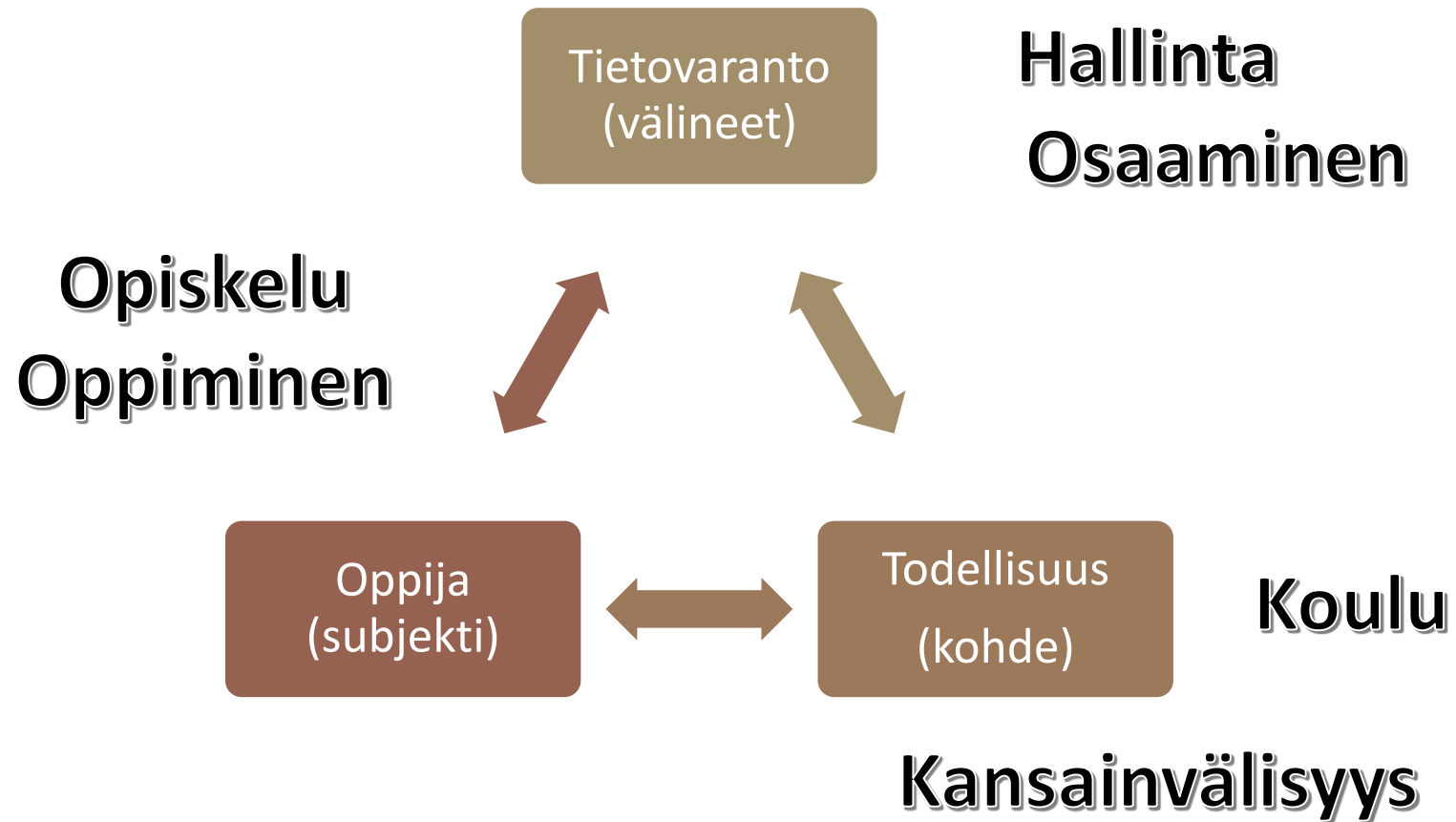
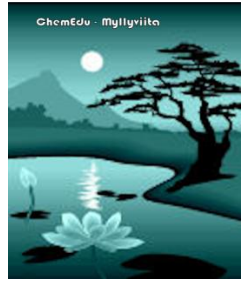


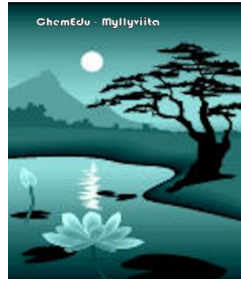
Hanketoiminnan ulottuvuudet (didaktinen näkökulma)



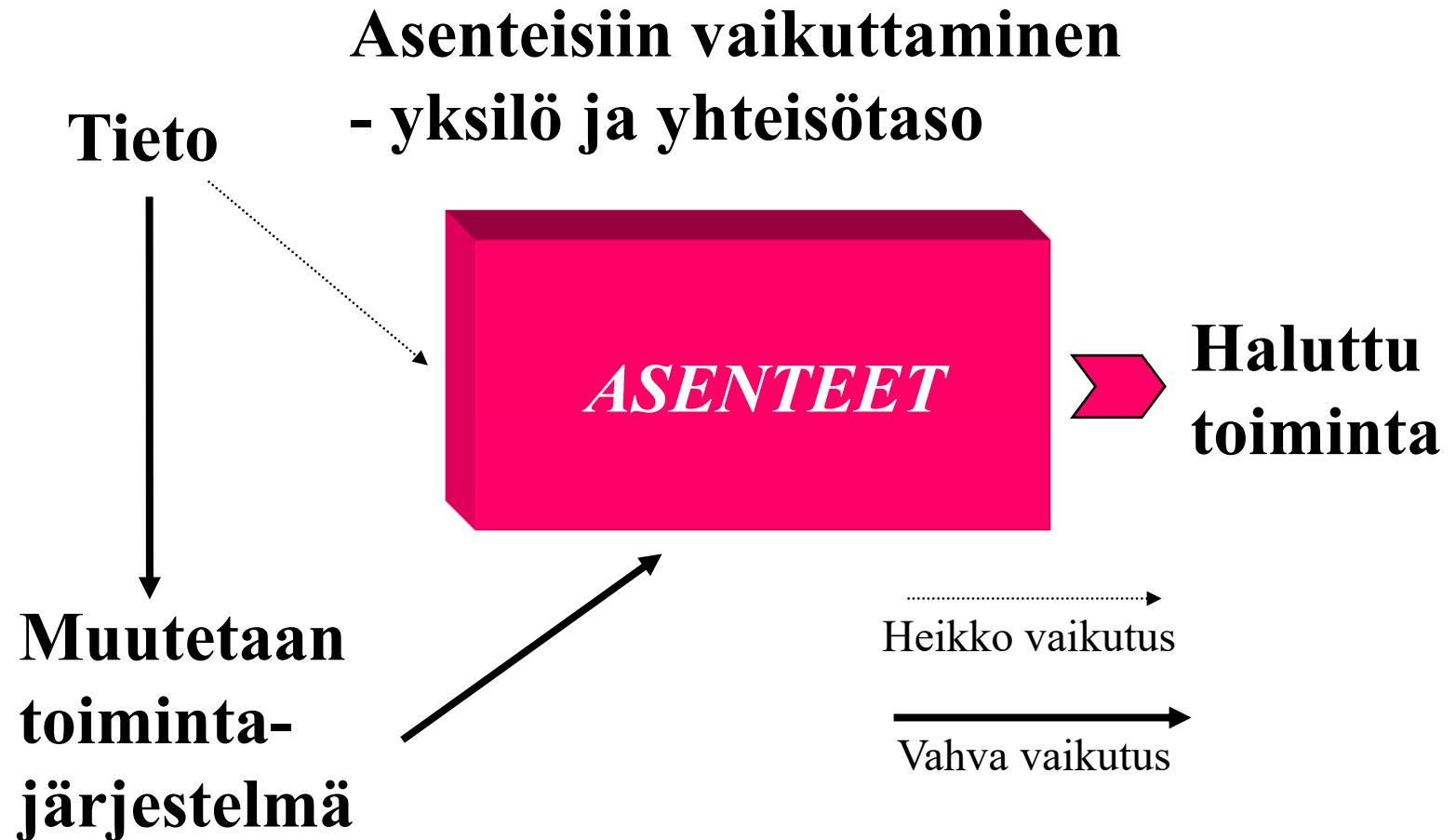
KUUSI
ULOTTUVUUTTA!

Hanketoiminnan ulottuvuudet (uudistettu didaktinen kolmio)





Erilainen toiminta



Innovaation käyttöönotto ja leviäminen



Verkostoituminen ja sen tuoma tuki

- vuorovaikutus muiden opettajien kanssa
- materiaalien jakaminen

Paikalliset ominaispiirteet

- olosuhteet
- koulu yhteisönä

Ulkoiset muuttujat

- rahoitusmahdollisuudet
- opetussuunnitelmat
- täydennyskoulutus

Innovaation ominaisuudet

- tarve ja hyöty
- selkeys, laatu
- käytännöllisyys, käytettävyys
- kokeiltavuus ("shareware")
- havaittavuus (tulokset)



Opettajan oma persoonalliset ominaisuudet

- aiemmat tiedot
- tietotaito
- halu kehittää itseään



Ankkurointi ja vastarinta

- konfliktit (arvo, valta)
- muutosvastarinta
- käytännön kysymykset

Hankkeet vuosina 2013-2014



Uudet hankkeet:

- **eNorssin lukiohanke** (sähköinen arviointi ja yo-tutkinto)
- **LuMoEtä – eli Lukiolaisten mobiili-etäopiskeluympäristö** –Hanketta koordinoi Konneveden lukio (OVI-koordinaatiohankkeen vastuutaho).
- EU:n Lifelong learning ohjelman **“Quality in Blended learning” –hanke**

Meneillään olevat hankkeet, joihin Viikki saanut rahoituksen

- **Sormet –hanke** (II-vaihe) & **LuMob –hanke** – lukiolaisten tablet-hanke
- **SecondLife Viikki –hanke** – virtuaalimaailma –hanke, aineissa biologia ja kemia
- **AntiVirus – etäopetuksen hanke**
- **Koulu 3.1 -hanke** (eNorssi) – yhteisöllisen median kokeiluhanke

Meneillään olevat hankkeet, joissa Viikki on mukana

- **Molla-hanke**, varhaisopetuksen hanke
- **Systech** – TIEKE:n osaamisen kartoitustyökalun kehittäminen
- **KODU-hanke** - peliohjelmointihanke



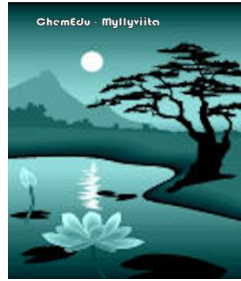
LuMOB -HANKE



KOULU 3.1



*Yhteisöllisen median
toimivia käytänteitä
jakamassa ...*



Norssiope.fi I–V –hankkeet

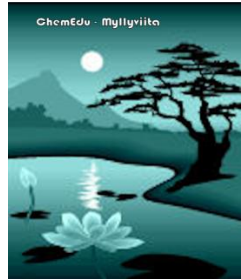
(2011-2016)



Osaava-ohjelma
Programmet Kunni

- Taustalla
 - EU-tason keskustelut opettajakoulutuksen laadun kehittämisestä
 - Yksi verkoston merkittävimmistä kulmakivistä on aina ollut tieto- ja viestintätekniikan kehittämis-, tutkimus- ja koulutustoiminta.
- Mitä tapahtunut tähän mennessä normaalikouluissa
 - Tarve- ja osaamiskartoitus, kyselyt 2012 ja 2013
 - Täydennyskoulutuksen ja osallistumisen näkyväksi tekeminen
 - Normaalikoulujen verkostojen vakiinnuttaminen (tv-t:n hyödyntäminen)
 - Tv-strategiatyö – asiakirja ja sen jalkauttaminen
 - Toimintajärjestelmien muutokset ja niiden arviointi
 - Opettajien tukijärjestelmien rakentuminen, vertaistuki
 - Uuden työskentelymallit – Wiki/blogi-teknologia – Flipped classroom
 - Opetusharjoittelun käytäntöjen muuttuminen - e-Mentorointi - kolmikantayhteistyö
- **Saatiin 930.000 €**

Kurssi- ja oppiainekohtaiset kokeilut - esimerkkejä

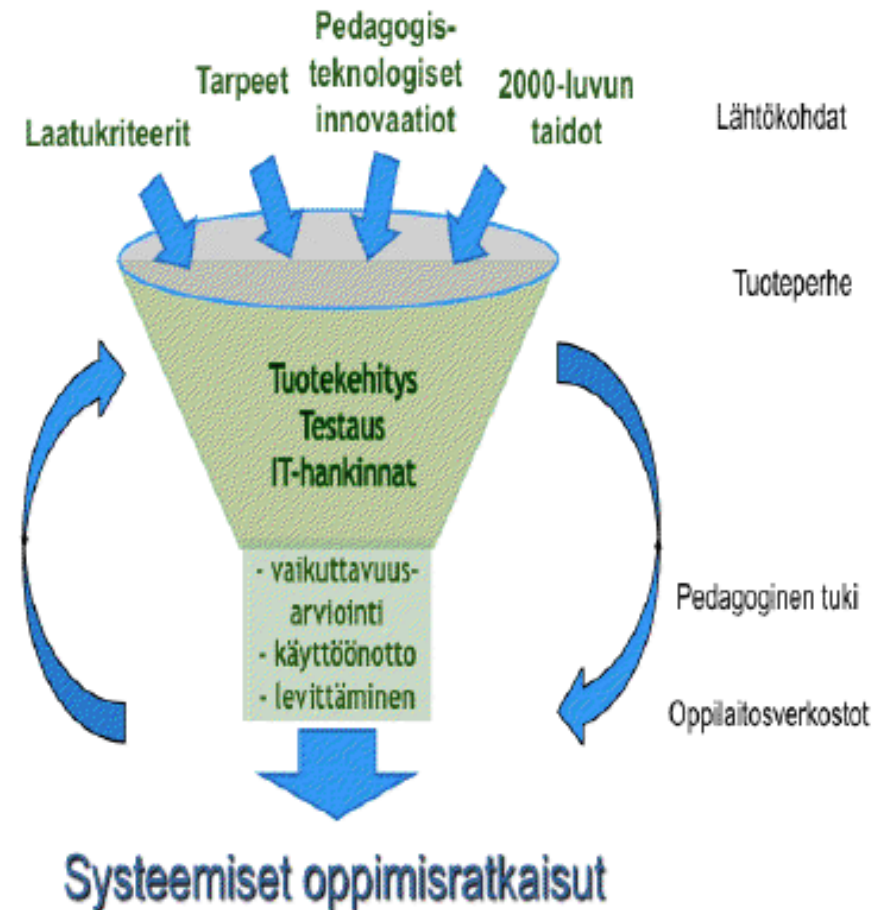


Lähtökohta	Kokeilun sisältö
Omat peda- kokeilut	Kemia (LU): Flipped classroom –kokeilu KE5-kurssilla → esitys Musiikki (AL): Musiikkipedagogiikan kehittäminen → väitöskirja
Hankerahoitetut (omat)	Terveystieto: Sähköisten aineistojen laatiminen ja kokeilut (UbiikkiLukio, OPH-oppimisystö) Liikunta: TVT:n hyödyntäminen liikunnan opetuksessa (Tasa-arvohanke, OPH) Englanti: Quality in Blended learning (Comenius, EU) Biologia ja fysiikka: Globe-verkosto (Globe, OPH-kv)
Hankerahoitetut (muut)	Matematiikka (AL): Forest pedagogiikka - design pedagogiikka (EU) Maantiede: Maantieteen opetuksen kehittäminen (GeoCap, EU) Lukio: Toimintakulttuurin muutos – arviointi (LUTO, TOMAS, OPH)
OKL-hankkeet	Fysiikka ja kemia: Scientific Practises –projektioppiminen (PIRE-hanke, NSF, SA) Johannesburgin yliopisto: Luokanopettajakoulutus, Tiedeopetus, virtuaalimentorointi Mentorointi: ONTP-hanke (EU)
Muut hankkeet	TVT: Tiviittori –hanke (SysTech, TEKES), TVT-osaaminen: MENTEP, Toteemi

Systemiset oppimiskratkaisut

SysTech – Valuation of Emerging Learning Solutions

- Viikin normaalikoulun rooli on toimia **pilotointiympäristönä** erilaisille uusille työkaluille ja toimintamalleille
- Mielenkiintomme on kohdistunut
 - **Osaamisen arviointi –työkalun** pilotointiin (ja jo kehittämisvaiheessa sisällön muokkaamiseen) – Toteuttajana TIEKE ry
 - **ePortfolio -työkalujen** pilotointiin – useampi toteuttaja
- blogs.helsinki.fi/oppiailoakouluun

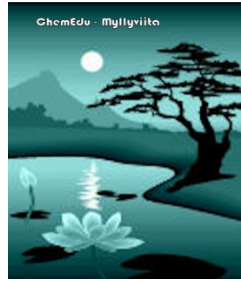


SecondLife Viikki



- **Biologian SL-aineisto, käsikirjoitus**
 - SL-ympäristön luominen
- **Kemian mallinnusohjelmat**
 - Orbitaali 2 –kirja, kokeilut Viikissä
- **Historia**
 - SL-aineiston kartoitus

Kv-hankkeet – mm. yhteistyö eri yliopistojen kesken



PIRE –hanke, **Michigan State University**

- Kemia, fysiikka ja biologia; ns. kännykkähanke

Mentoring course, **University of Johannesburg**

- <http://norssiope.fi/norssiope/mentoring/index.html>

Tutkimusyhteistyö, luokanopettajakoulutus, **University of Johannesburg**

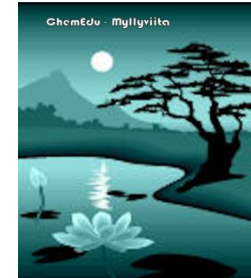
UMI-Sci-Ed –hanke (Horizon2020-ohjelma)

- Tiedeopetuksen hanke – UDOO-kit

EL-STEM –hanke (Erasmus+)

- Enlivened Laboratories within STEM Education
- AR/VR –hanke tiedeopetukseen

Kehittämishankkeita kemian opetuksessa 2013-2024



TVT
ja
yhteisöllinen media

Uusi
peda-
go-
giikka

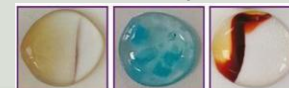
AR,
VR,
AI

Tiedekäytäntölähtöinen kemian opetus (PIRE)

- 3D-oppiminen
- Tiedekäytänteet (scientific and engineering practises)

Hybridiopetus (covid) Blended learning

- Tietotekniikka opetuksessa (online, asynkroninen)
- Kokeellisuus kotona (mm. mikrokemia)



MaSCoT – systemaattinen ajattelu

- CT-lähestymistapa (Shute)
- Laskennallinen kemia, 3D-mallinnus, algoritm. ajattelu



Kokeellisuus kemiassa

- Mikrokemia (microscale chemistry)
- Kemikaaliturvallisuus koulussa



Tekoäly AI

- AI:n hyödyntäminen opetuksen suunnittelussa
- AI:n käyttö opiskelussa

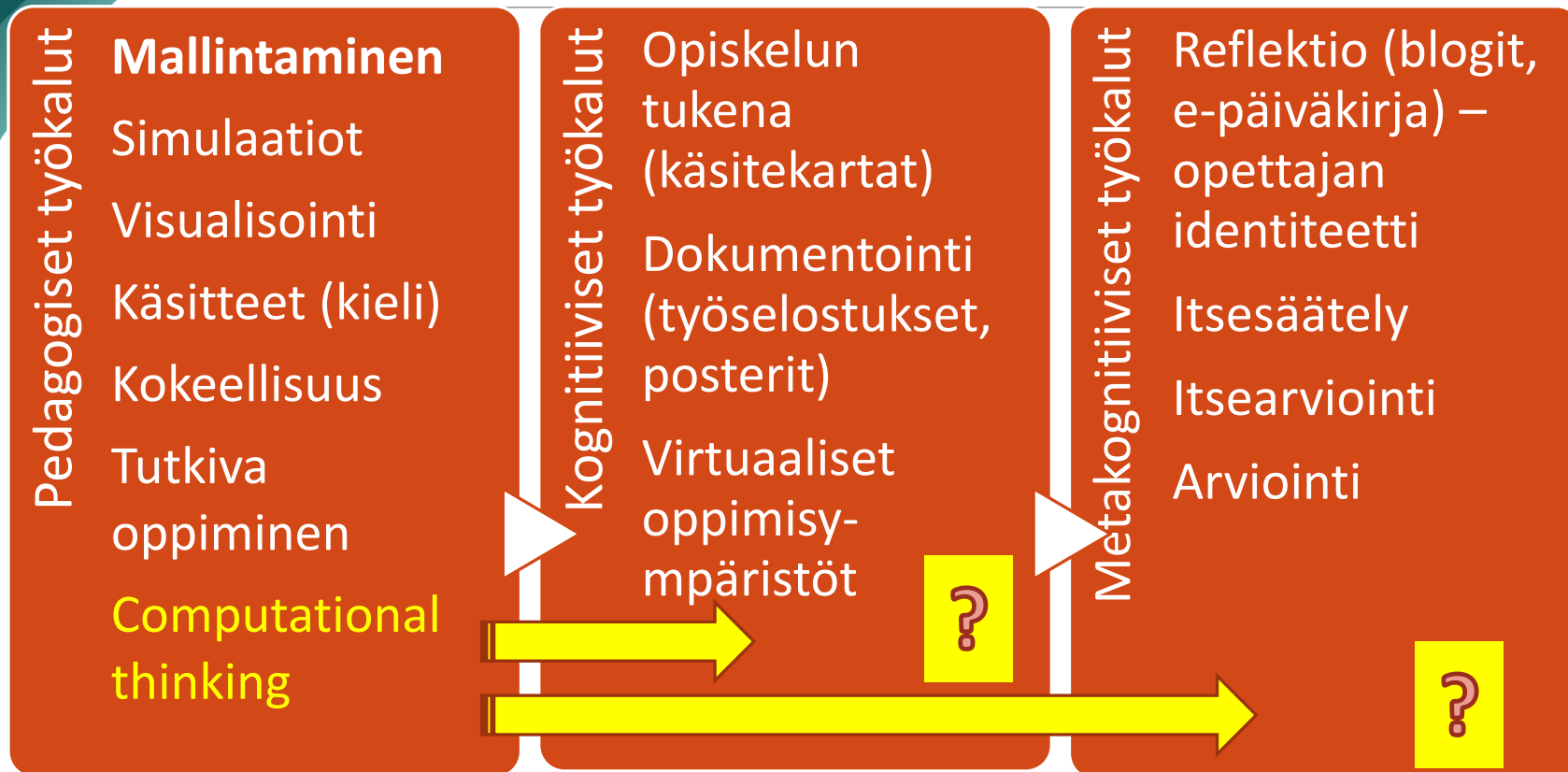
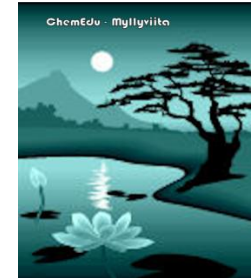


ChatGPT

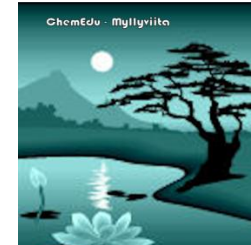


Midjourney

Kemian opetuksen osa-alueet – Työkalut (TVT, yhteisöllinen media)



Kemia luonne tieteenä



Tiedekäytäntölähtöistä opetusta

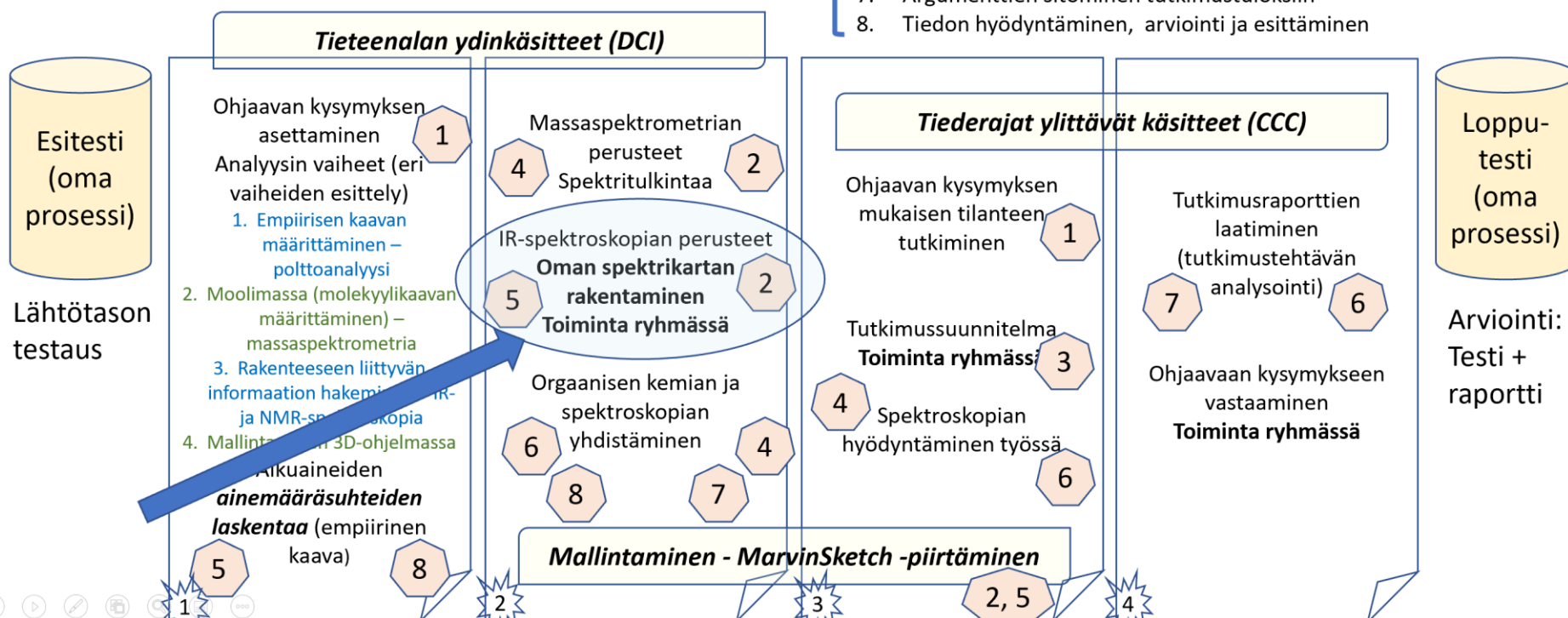
Tiedekäytäntölähtöinen opetus – Spektroskopia-esimerkki

3D-oppiminen: 1) DCI, 2) CCC, 3) Tiedekäytännöt

Ohjaava kysymys: Kaapissa on vanha lääkepakkaus, josta viim. käyttöpäivä ei käy enää selville. Onko se edelleen käyttökelpoinen?

Tiede-
käytännöt

1. Kysymysten laatiminen ja ongelmien määrittely
2. Mallien (artefaktin) kehittäminen ja käyttö
3. Tutkimusten suunnittelu ja toteuttaminen ja ratkaisujen muotoilu
4. Aineiston analysointi ja tulkitseminen
5. Matemaattinen ja algoritminen ajattelu
6. Selitysten rakentelu ja ratkaisujen muotoilu
7. Argumenttien sitominen tutkimustuloksiin
8. Tiedon hyödyntäminen, arviointi ja esittäminen

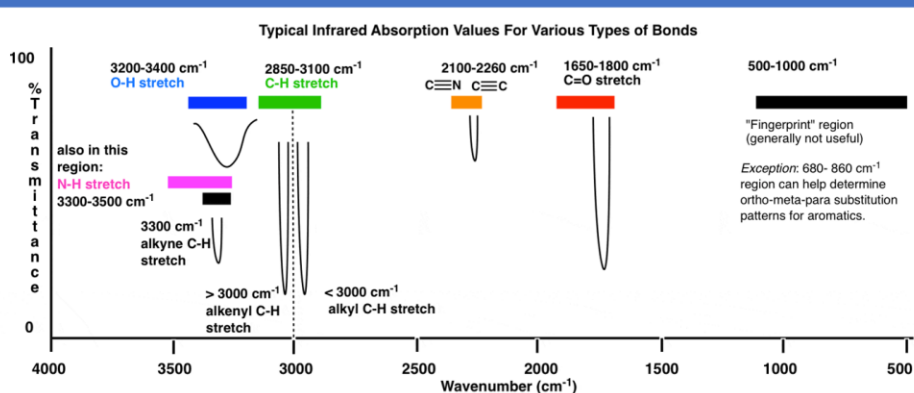


Spektritulkinnan opetus?

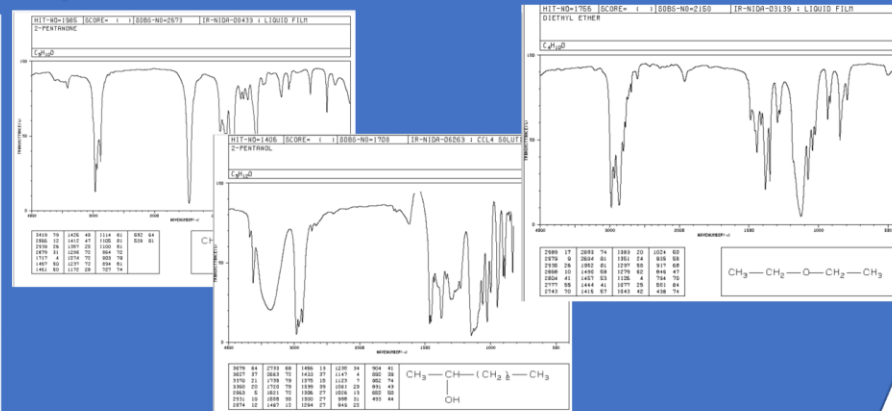


Perinteinen

Spektrikartta (valmis)



Spektrien tulkintaa



Mallintaminen

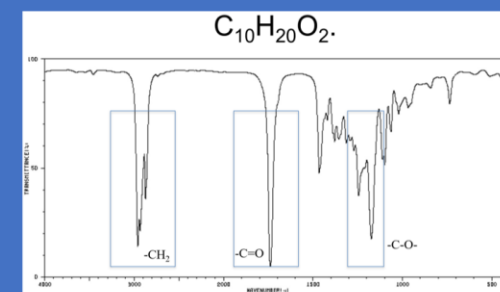
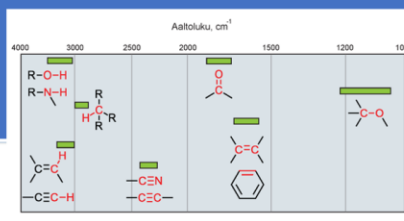
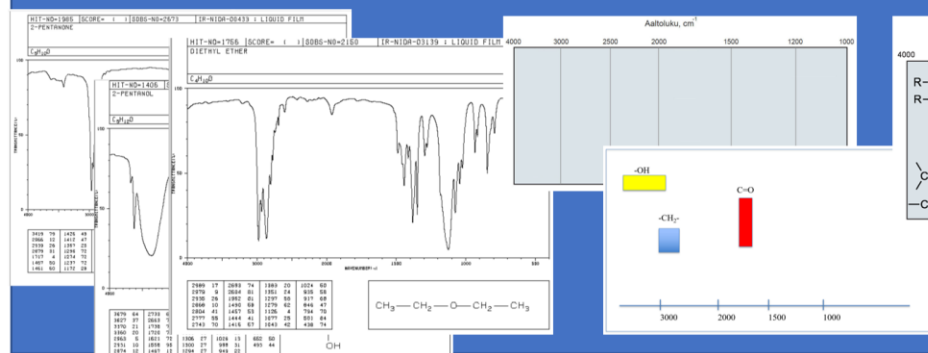
Spektrien tulkintaa Spektrikirjasto

Spektrikartta (oma)

Mallintaminen

Spektrikartta (ryhmä)

Spektrikartta (testaus)



Kemian opetuksen designkonjektuuri (Sandoval) – opetuksen kehittäminen

KORKEAN TASON KONJEKTUURI

CT-ajattelun hyödyntäminen

- a) Sisällön jäsentämistä CT-fasettien pohjalta
- b) Työskentelyn toteuttamista, em. fasetit tukevat tekemistä
- c) Perustelujen kokoamista datan ja kokeellisten töiden pohjalta
- d) Tulosten arviointia

RAKENTEET

Uudet oppimateriaalit ja opetus

Erilaiset algoritmit

Kokeelliset työt

Tietotekniikka
(mallinnusohjelmat, animaatiot)

Raportointi, Posterit

VÄLITTÄVÄT PROSESSIT

Omien artefaktien luominen

Kokeellisten töiden tuottaman datan käsittely

Ilmiöiden mallintaminen

Työskentelyn arviointi ja fasettien tunnistaminen

Dokumentointi

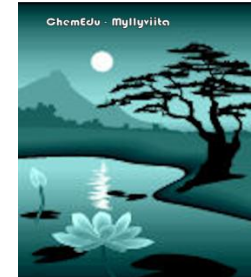
TAVOITTEET / TULOKSET

CT-ajattelun oppiminen ja siirtäminen uusiin tilanteisiin

Reflektointi

Tiedekäytäntöjen toteutuminen uudessa asetelmassa

Uudet käytänteet



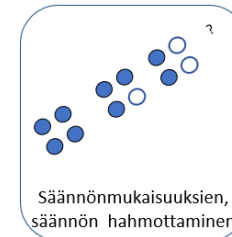
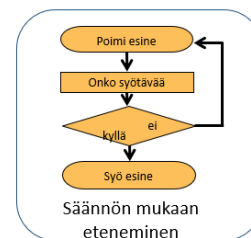
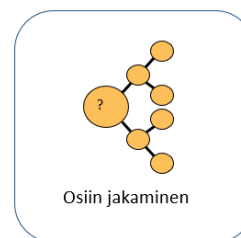
MaSCoT-hankkeen esittely

Mitä on "computational thinking" – ajattelu (CT)?

- Kortit - Shuten fasetit
- Miten näkyy kemiassa (esim. jaksollinen järjestelmä, atomimallit)
- Mitä uutta tämä tuo opetukseen?
→ CT:n läpinäkyvyys

Käytännön toimet

- Tutkimusluvut, kuitataan Wilman/Teamsin viesti
- Osana kurssisuoritusta tuntikohtaiset analyysit (kortit)
- Kurssin lopussa haastattelut



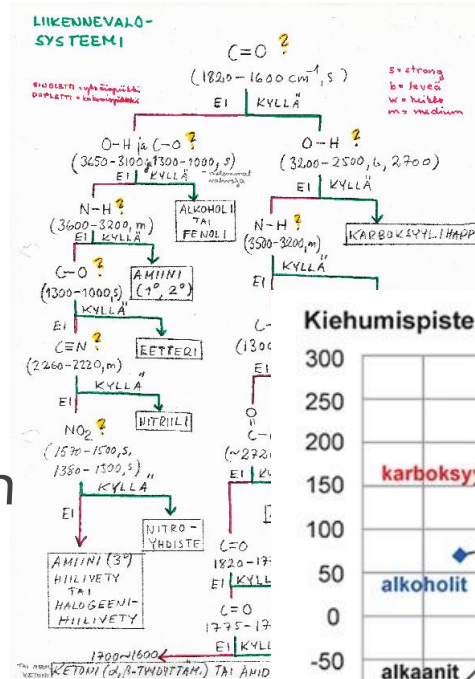
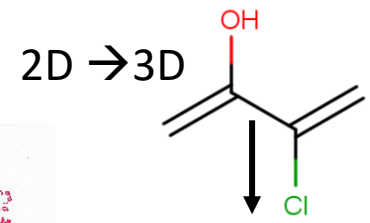
Mitä asioita tuodaan tunneille?

- tietokoneohjelmia simulointiin ja mallintamiseen
- ChatGPT:n käyttö aineiston keräämiseen
- tutkimusraportit

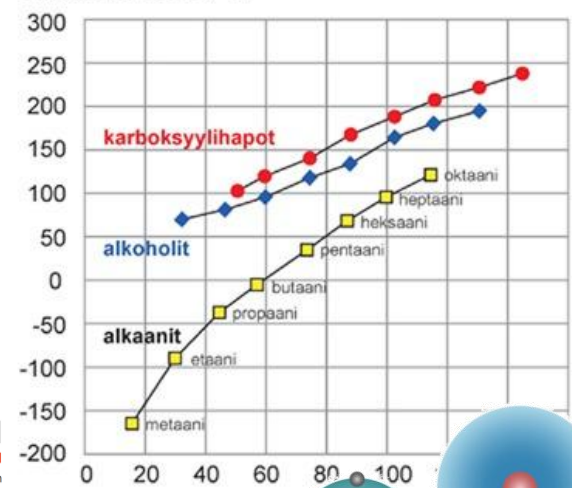
Computational thinking - lähestymistapa

CT -käsite voidaan ymmärtää
(Shute):

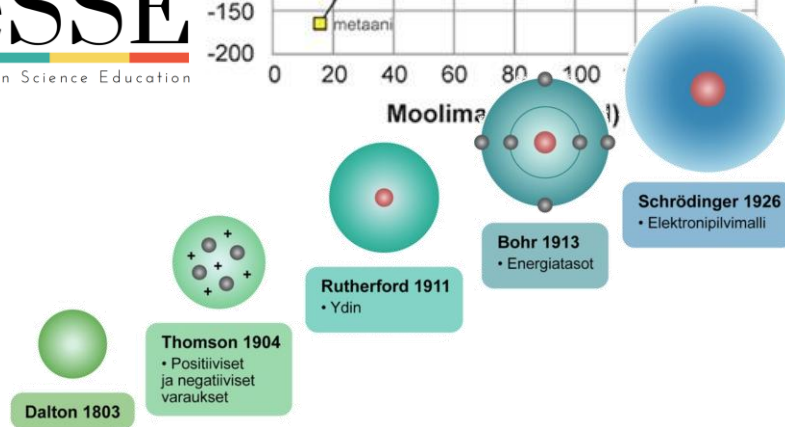
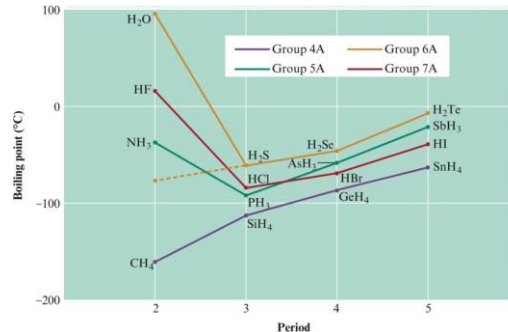
1. kokonaisuus jaetaan osiin;
2. abstraktio, data kokoaminen ja analysointi, säännönmukaisuuksien hakeminen ja mallintaminen;
3. algoritmien ajattelu ja niiden suunnittelu;
4. virheidenkorjaamisprosessi;
5. iterointi ja
6. yleistäminen

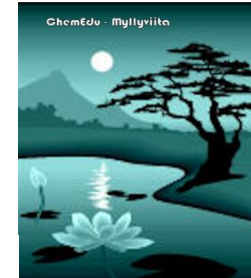


Kiehumispiste (°C)



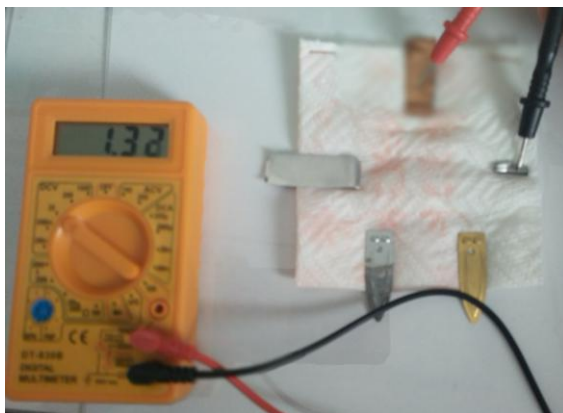
CheSSE
Chemical Safety in Science Education



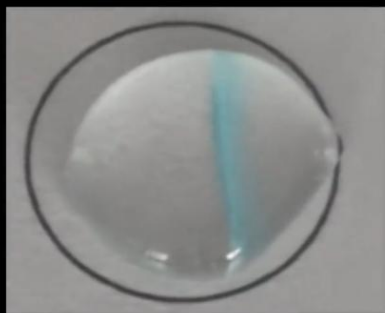


Microscale chemistry - Mikrokemia

"Pisarakemia" - Matalan kynnykset
kokeellisia töitä



Iron(II) sulfate and potassium hexacyanoferrate(II). Initially, colourless precipitate turns blue with air oxidation.



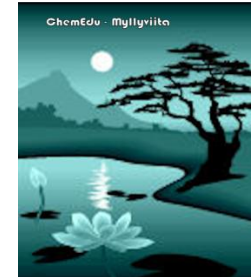
Iron(III) nitrate and potassium hexacyanoferrate(III) gives Prussian Brown. But some blue appears?



Understanding chemistry
through microscale
practical work



Bob Worley and David Paterson
with Sarah Longshaw



Review-artikkeleita

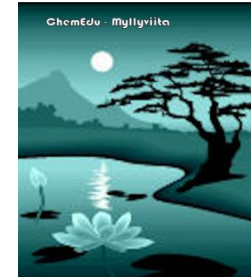
Inquiry- ja laboratoriotyöskentely

Jegstad, K. M., & Jakobson, B. (2024). Inquiry-based chemistry education: A systematic review. *Studies in Science Education*, 60(2).

- Artikkelin kokoaa 102 tutkimusta perus- ja toisen asteen tutkimuksellisesta kemian opetuksesta (2000–2020) ja luokittelee ne opetustapojen, oppimisympäristöjen ja opettajatutkimuksen mukaan; tuloksena korostuu ohjatun tutkimuksellisuuden merkitys oppimisen tukemisessa.

Gericke, N., & kollegat. (2023). A systematic review of research on laboratory work in secondary school science. *Studies in Science Education*, 59(2).

- Katsaus analysoi systemaattisesti tutkimuksia yläkoulun ja lukion laboratoriotöistä, mukaan lukien kemian kokeellisuus, ja osoittaa, että huolellisesti suunnitellut ennakkotehtävät ja reflektio ovat keskeisiä konseptuaaliselle oppimiselle



Review-artikkeleita

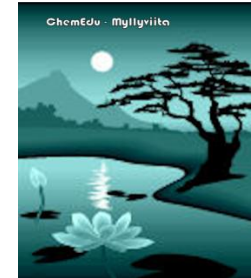
Kontekstipohjainen ja sosio-tieteellinen opetus

X, A., & Y, B. (2024). Effects of context-based teaching chemistry on students' academic achievement: A systematic review. *Jurnal Pendidikan MIPA*.

- Katsaus kokoaa 10 tutkimusta kontekstipohjaisesta kemian opetuksesta ja osoittaa johdonmukaisesti positiivisia vaikutuksia oppimistuloksiin, erityisesti kun opetuksessa sidotaan sisältö arkisiin ja yhteiskunnallisiin tilanteisiin.

Hernández-Ramos, J., & kollegat. (2021). The effects of using socio-scientific issues and technology in promoting students' learning in chemistry: A systematic review. *Chemistry Education Research and Practice*.

- Artikkelit tarkastelee PRISMA-menetelmällä tutkimuksia, joissa yhdistetään kemian opetus, sosio-tieteelliset kysymykset (esim. ilmastonmuutos) ja teknologia, ja raportoi parannuksia argumentaatiotaidoissa ja motivaation tasossa.



Review-artikkeleita

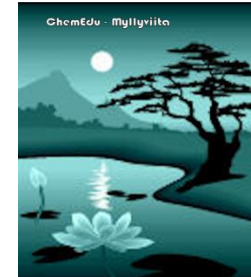
Pedagogiset lähestymistavat lukiossa

Ahmad, Z., & kollegat. (2023). Effective pedagogical approaches used in high school chemistry education: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Chemical Education*.

- Artikkelissa tunnistetaan lukiokemian opetuksessa käytettyjä pedagogisia malleja ja yhdistetään kvantitatiivisia tuloksia meta-analyysillä; tulokset osoittavat kemian opetuksen interventioiden keskimäärin suuren myönteisen vaikutuksen oppimistuloksiin verrattuna perinteiseen opetukseen.

X, C., & Y, D. (2024). A meta-synthesis on gamification in high school chemistry education. *International Journal of Progressive Education*.

- Tutkimus meta-synteesaa 12 pelillisyyttä hyödyntävää lukiokemian tutkimusta ja osoittaa, että huolellisesti suunniteltu pelillisuus voi lisätä motivaatiota ja osallistumista, mutta vaikutukset oppimistuloksiin vaihtelevat toteutustavasta riippuen.



Review-atikkeleita

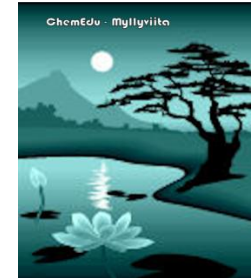
Representaatiot ja PCK kemian opetuksessa

Silva, R., & kollegat. (2024). How are chemical representations described in chemistry education research? A systematic review. *Malaysian Research Journal*.

- Katsaus tarkastelee, miten kemiallisia representaatioita (makro-, submikro-, symbolinen taso) käsitellään kemian opetuksen tutkimuksessa ja tunnistaa painotuksen symbolitasoon opiskelijoiden käsitteellisen ymmärryksen kustannuksella.

X, E., & Y, F. (2025). Chemistry teachers' pedagogical content knowledge: A review of empirical research. *Teaching and Teacher Education*.

- Artikkelin kokoaa PCK-tutkimuksia kemian opetuksesta ja analysoi, miten opettajien sisältö-pedagoginen tieto on konseptualisoitu ja mitattu; tuloksena hahmottuu tarve monimenetelmäisille, kontekstisidonnaisille PCK-tutkimusasetelmille.



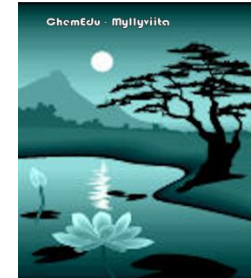
Review-artikkeleita

Vihreä ja kestävä kemia

Chen, S., & kollegat. (2025). A systematic review of green and sustainable chemistry training in higher education (2000–2024). *Chemistry Education Research and Practice*.

- Katsaus analysoi 49 tutkimusta vihreän ja kestävän kemian opetuksesta korkeakouluissa ja tunnistaa tyypillisiä kurssimalleja, opetustapoja sekä opiskelijoiden asenteisiin ja osaamiseen liittyviä vaikutuksia.

Projekteista perustaitojen hallintaan

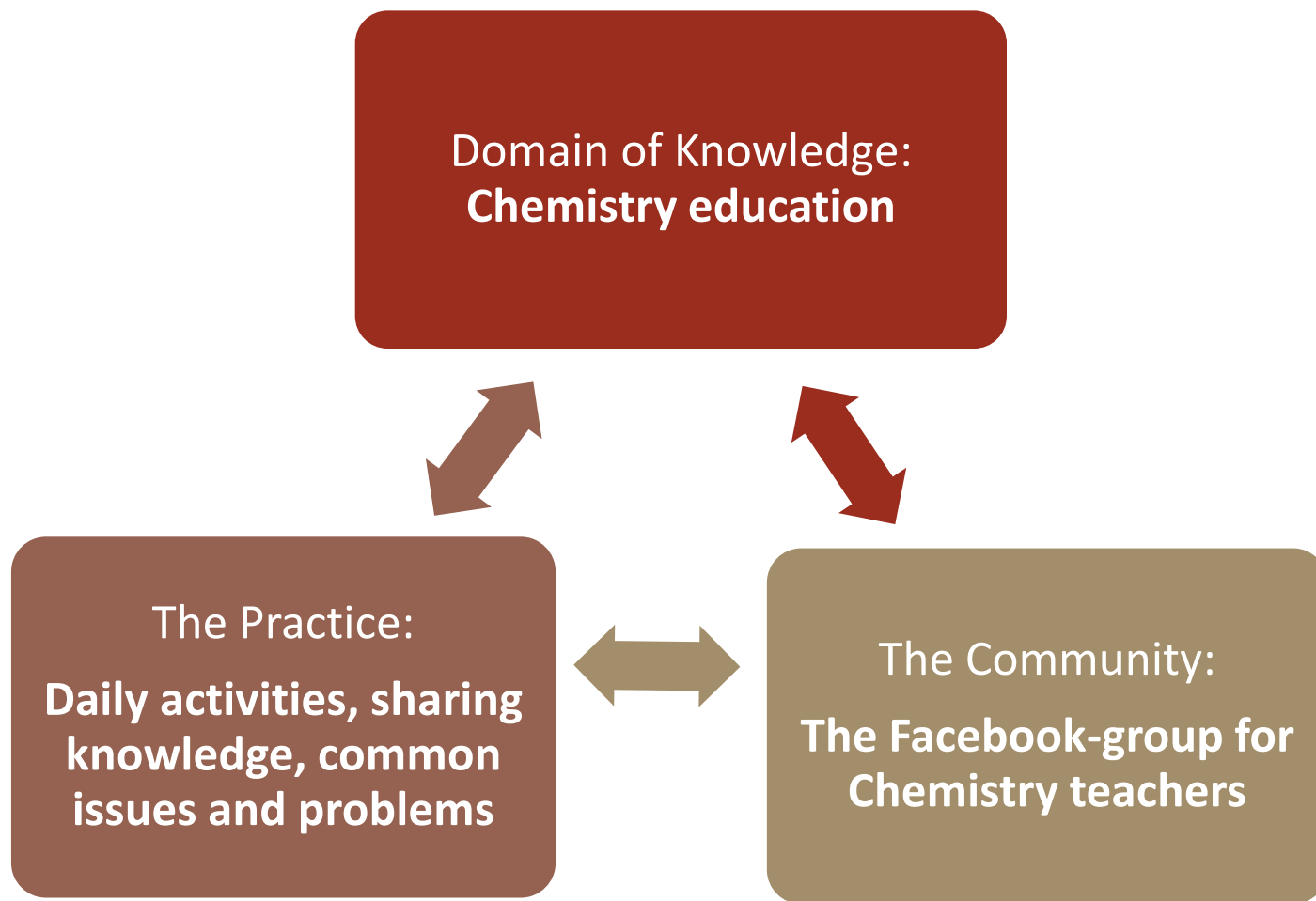
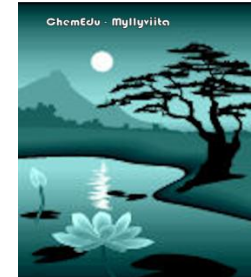


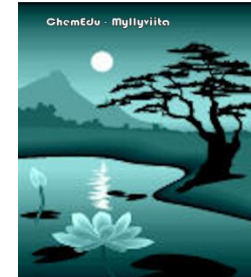
2020-luvun paradigma korostaa pintasuuntautunutta laaja-alaista osaamista, ilmiöoppimista, ilmastokasvatusta ja itseohjautuvuutta (sanon tietäen, että näitä käsitteitä ymmärretään myös väärin)

- Vs. **syväsuuntautunut ainespesifi osaaminen ja ymmärtäminen**
- Tieto- ja viestintätekniikka hyödyntäminen: 3D-mallinnus, animaatiot, tietokantojen hyödyntäminen, ChatGPT, Kognitiiviset työkalut
- Tiedekäytäntölähtöinen opetus (projektioppiminen, **PIRE-artikkeli**): Mallinnus, ...
- Laskennallinen ajattelu (computational thinking): Algoritminen ajattelu, säännönmukaisuuksien näkeminen, hallittaviin osiin jakaminen, kokonaisuuksien hahmottaminen ...
- Kokeellisuus luonnontieteellisen opetuksen perustana (**Hybridiopetus-artikkelit**): microscale chemistry, ...

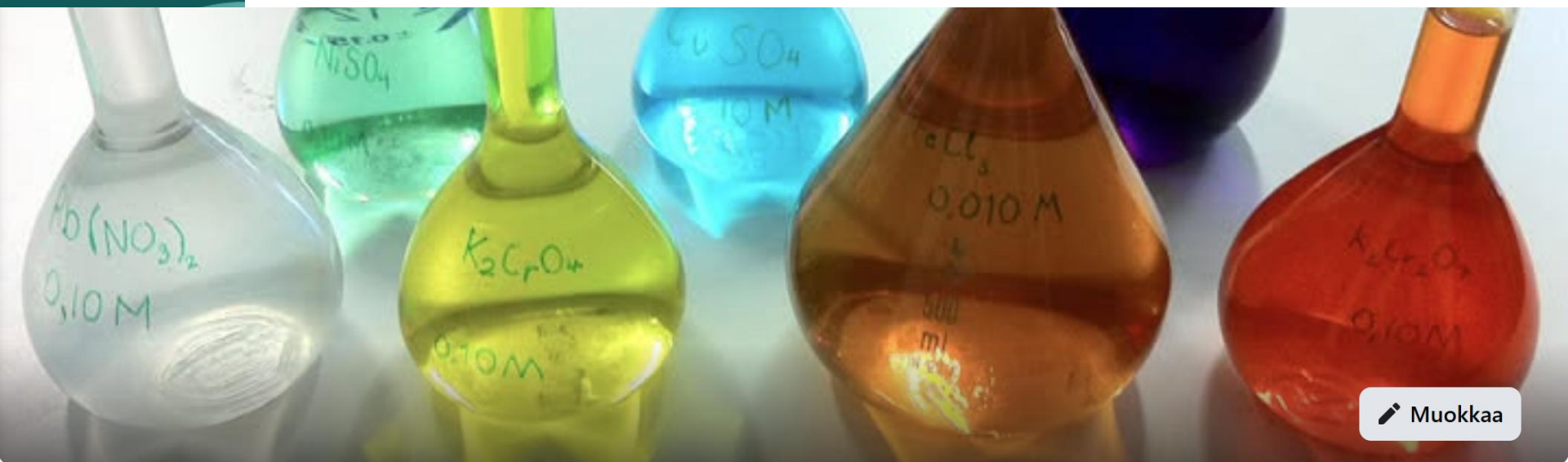
The Community of Practice

Theory of Communities of Practices (Lave & Wenger, 1991)





Kemian opetuksen oma CoP



Muokkaa

Kemian opettajat -vertaisryhmä

Ryhmä (Yksityinen) · 2,0 t. jäsentä



+ Kutsu

Jaa

Keskustelu

Suosittelut

Jäsenet

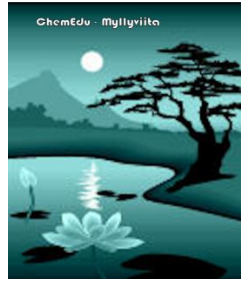
Tapahtumat

Media

Tiedostot

🔍

⋮



Another approach to e-Mentoring: Formal – Nonformal - Informal

This concept of formal learning being the socio-cultural accepted norm for learning was first challenged by **Scribner and Cole** in 1973, who claimed most things in life are better learnt through informal processes.

Formal

- **Agreed** mentor and mentee relationship (paid)
- Long-term program based on **goals of the organization**
- Includes an **evaluation of results**
- Training program **using blended learning tools** (VLEs, wikis etc.)
- Pair or group

6.5.2020

Nonformal

- **Voluntary based** relationship (from mentee side)
- **Discussions:**
 - Pedagogical views on something (ICT, modeling, experiments)
 - Practical views on teaching (experiments, equipment, groups)
- Target oriented
- A mentor helps a mentee in certain area (SubjKn, GPK, PCK ..., group dynamics)

ARI MYLLYVIITA

Informal

- **Spontaneous situations** (informal)
→ Situated approach
- **Spontaneous contacts** (chats, discussions) online between a mentee and a mentor (not a chosen one)
- Different areas from teaching dealt with (always mentee's choice)

History of the FB-group for chemistry teachers (Building the Community)

15.5.2016: 365 *members*
5.2.2018: 895 *members*
15.9.2019: 1385 *members*
14.12.2021: 1694 *members*
5.12.2025: 2023 *members*

RESEARCH QUESTIONS:

How often a new theme? Themes?
How many different actors? How makes comments?
How fast you get help (if you ask for it)?

Opened 29.1.2010

Mentor and
student
teachers (or
just qualified)

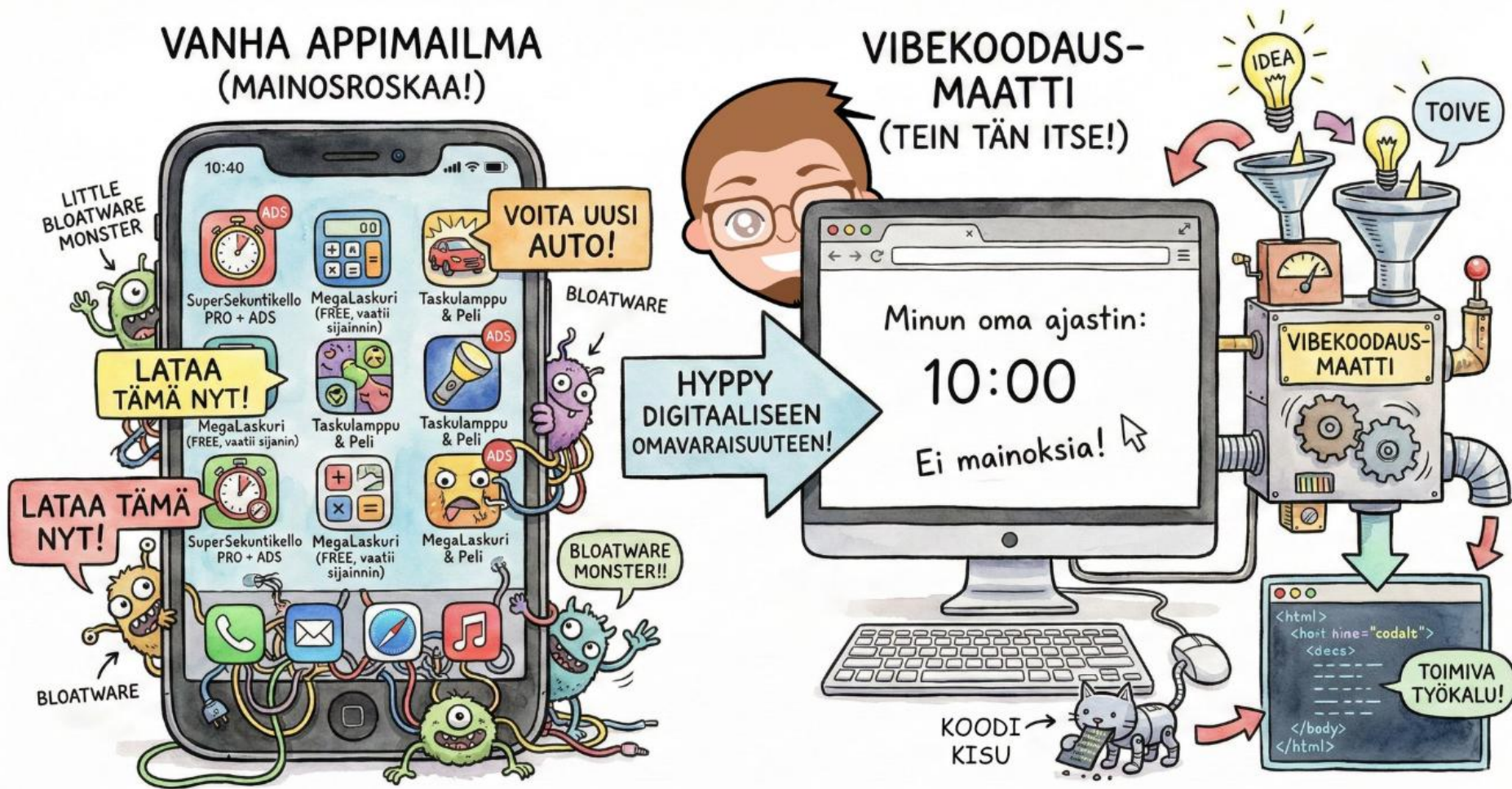
Other teacher
educators and
teachers

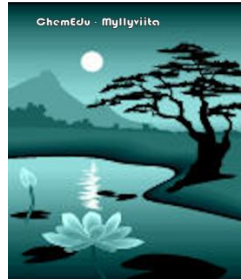
Book writers,
government
officials and
university
researchers

New qualified
Chemistry
Teachers from
all universities

When the group begins to roll by
itself? You need about **80 members**

Mitä tekoäly tuo nyt tullessaan?





Tulevaisuus: Tekoälyn käyttö didaktisten ideoiden toteuttamiseksi

1. Emme ehkä kohta lataa ja asenna sovelluksia, vaan luomme ne lennossa.

- Esimerkiksi kuinka monta kertaa olet tarvinnut yksinkertaisen työkalun, vaikkapa ajastimen, kuvanmuuntimen tai laskurin, ja päätynyt lataamaan netistä sovelluksen, jonka luotettavuus on vähintäänkin kyseenalainen?
- Pahimmillaan saat kaupanpäällisinä mainoksia, seurantaa, bloatwarea, tai pahempaa.

→ Tämä on täydellinen käyttökohde vibekoodaukselle.

- Ajat koodia, jonka olet itse (tekoälyn avulla) luonut. Sellainen ei vakoile tai esitä mainoksia!
- Sovellus tekee juuri sen mitä haluat, ei mitään ylimääräistä, ei haittasovellusten riskejä!
- Ei asennusrumba, ei rekisteröitymisiä.

2. **Emme tietenkään puhu raskaiden ammattilaisohjelmistojen korvaamisesta.** Mutta ne sata pientä arjen apuria, jotka ennen vaativat kolmannen osapuolen softan? Ne voit tehdä nyt itse, täysin ilman aiempaa koodauskokemusta.

Ohjeet videolta miten täsmäsovellus syntyy lennosta ja miten saat sen heti käyttöösi:

<https://youtu.be/-CYti5E3xS4>

Uusien ajatusten levittäminen



Dimensio Matemaattis-luonnontieteellinen aikakauslehti

Puheenvuoro Opetus Toiminta Tiede ja teknologia Luvuvinkkejä

KIRJOITTAJA



Ari Myllyviita
Kemian ja matematiikan lehtori
Helsingin yliopiston
Viikin normaalikoulu

Computational thinking (CT-ajattelu) ja kemian opetus – CA-SE Lukion kemian kurssi KE3: Molekyylit ja mallit

Opetus 20.3.2025

Kemian opetuksessa on viime vuosikymmenen aikana tutkittu ja kehitetty uusia lähestymistapoja, pedagogisia innovaatioita sekä hyödynnetty yhä laajemmin tieto- ja viestintätekniiikan (digitalisaation, systemaattisen ajattelun) mukanaan tuomia ohjelmistoja ja toimintamalleja (mallintaminen, käsitekartta työskentely). Näitä voi lähestyä esimerkiksi oheisen kuvan mukaan luokitellen niitä pedagogisiin, kognitiivisiin ja metakognitiivisiin työkaluihin.

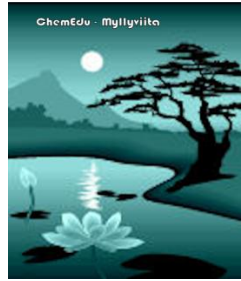
1. Computational thinking – CT-ajattelu

1.1. Johdanto – CT-ajattelun käytön perustelu

Valinnat erilaisten työkalujen osalta tapahtuu joko tietoisina pedagogisina ja didaktisina valintoina (suunnitelmalliset lähtökohdat) tai vaistomaisina ehkä oppikirjoista

Tutkimusartikkeli SUOMEKSI.

Hankkeen tuotoksia SUOMEKSI.



Opettajana kehittyminen

Opettajien kehittyminen on **prosessi**, joka **vahvistuu tiimityössä**:

- ☐ yhteiset tavoitteet,
- ☐ arviointi,
- ☐ kehittäminen ja
- ☐ jaettu reflektio

Nämä rakentavat kollektiivista asiantuntijuutta ja vastuuta.

Reflektiota ja **eteenpäin suuntaavaa ohjausta** (feedforward) tukevinä välineinä nostetaan esiin **muokattavat oppikirjat** ja **oppimateriaalien jatkuva kehittäminen**.

Myös oppimisympäristön ja luokan järjestelyt ovat merkityksellisiä.