



**TURUN  
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen  
tiedekunta

# **Lisätyn todellisuuden käyttö kemian opetuksessa ja sen hyödyt kognitiivisen kuorman vähentämisessä**

Pihla Niini

Kemia  
LuK-tutkielma  
Laajuus:6 op

26.1.2026

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu  
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

LuK-tutkielma

**Pääaine:** Kemia

**Tekijä:** Pihla Niini

**Otsikko:** Otsikko

**Ohjaaja:** Veli-Matti Vesterinen

**Sivumäärä:** 15 sivua

**Päivämäärä:** 26.1.2026

---

Kemian opetus ja oppiminen on haastavaa oppiaineen abstraktin luonteen takia. Kemia pitää sisällään paljon mikro- ja makrotason ilmiöitä sekä erilaista symboliikkaa, jotka kaikki pitäisi osata yhdistää toisiinsa parhaan oppimistuloksen saavuttamiseksi.

Oppimisen aikana uusia asioita työstetään ensin työmuistissa tarvittavan usein, jonka jälkeen opitut asiat siirtyvät pitkäkestoiseen muistiin, josta ne voidaan myöhemmin noutaa tarvittaessa. Työmuisti jakaantuu kahteen vastaanottavaan yksikköön, fonologiseen kehään ja visuospatiaaliseen lehtiöön, joista molemmat ovat erikoistuneet eri muodossa vastaanotettavan tiedon käsittelyyn. Työmuistin kapasiteetti on kuitenkin rajallinen ja oppimisen aikana työmuistiin kohdistuvaa kuormitusta kutsutaan kognitiiviseksi kuormaksi. Kognitiivisen kuorman muotoja ovat yleinen, sisäinen ja ulkoinen, joista jälkimmäinen tarkoittaa oppimateriaalien läpikäymiseen kuluva työstä aiheutuva kuormaa.

Työmuistiin kohdistuvaa ulkoista kuormitusta pystytään kuitenkin vähentämään hyödyntämällä työmuistin molempia vastaanottavia yksiköitä ja suunnittelemalla oppimateriaalit visuaaliselta sisällöltään monipuolisemmiksi. On tutkittu, että tekstin ja videon yhdistäminen helpottavat aiheen ymmärtämistä ja oppimista.

Teknologian kehittyessä on suunniteltu työkalu, lisätty todellisuus, joka mahdollistaa erilaisten visuaalisten apuvälineiden yhdistämisen samaan työkaluun. Lisätyn todellisuuden avulla oppikirjojen sisältöihin pystytään lisäämään käytettävän AR-sovelluksen avulla kuvia, animaatioita ja 3D-kuvia, joiden kanssa opiskelijat voivat olla vuorovaikutuksessa pyörittäen ja zoomaillen.

Tutkimusten mukaan lisätty todellisuus on vaikuttanut positiivisesti vähentämällä opiskelijoiden ulkoisen kuorman määrää kemian opiskelussa. Tutkimukset osoittavat, että lisättyä todellisuutta pystytään käyttämään monipuolisesti erilasten ja -tasoisten aiheiden käsittelyssä, kuten esimerkiksi stereokemiassa ja laboratoriotyöskentelyssä. Lisätyn todellisuuden käyttö osana kemian opetusta vaatii kuitenkin vielä lisätutkimusta, erityisesti missä ja miten sen hyödyt saadaan parhaiten esille.

---

**Avainsanat:** kognitiivinen kuorma, lisätty todellisuus, työmuisti, ulkoinen kuorma

## Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Kognitiivinen kuorma</b> .....	<b>2</b>
2.1	Työmuisti, sen osat ja niiden tehtävät.....	3
2.2	Kognitiivisen kuorman teoria.....	4
2.3	Kaksoiskoodaus -teoria.....	4
2.4	Kognitiivisen multimediaoppimisen teoria kognitiivisen kuorman vähentämisessä.....	5
<b>3</b>	<b>Lisätty todellisuus kemian opetuksessa</b> .....	<b>6</b>
3.1	Visuaalisten apuvälineiden peruseriaatteet kemian opetuksessa.....	6
3.2	Lisätyn todellisuuden osuus kemian opetuksessa.....	7
3.3	Lisätyn todellisuuden mahdollisuudet kemian opetuksessa.....	8
3.4	Lisätyn todellisuuden hyödyt kognitiivisen kuorman vähentämisessä .....	9
3.5	Lisätyn todellisuuden tulevaisuus kemian opetuksessa.....	11
<b>4</b>	<b>Päätelmät ja yhteenveto</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Lähteet</b> .....	<b>14</b>

# 1 Johdanto

Kemian abstraktien aiheiden oppiminen aiheuttaa opiskelijoille paljon haasteita (Keller ym., 2021). Oppimisessa skeemat eli ajattelumallit varastoidaan ja tallennetaan työmuistista pitkäkestoiseen muistiin, josta niitä voidaan noutaa myöhemmin tarvittaessa. Oppimiseen vaikuttaa negatiivisesti kuitenkin työmuistin kuormitus, jota kutsutaan kognitiiviseksi kuormaksi (Sweller, 1994). Kognitiivista kuormaa aiheuttavat monet tekijät, mutta erityisesti ulkoinen kuorma, joka aiheutuu oppimateriaalien läpikäymiseen kuluva työstä. Tämän kognitiivisen kuorman muodon määrään oppimisessa pystyy vaikuttamaan oppimateriaalien avulla (Keller ym., 2021). On todettu, että kemian opiskelussa käytettävät erilaiset visuaaliset apuvälineet helpottavat vaikeiden asioiden oppimista (Wu & Shah, 2004).

Teknologian kehittyessä on tutkittu AR:n (lyhenne, engl. *Augmented reality*) eli lisätyn todellisuuden käyttöä osana kemian opetusta ja erityisesti sen osuutta kognitiivisen kuorman vähentämisessä. AR:n kehitys on mahdollistanut erilaisten visuaalisten apuvälineiden, kuten kuvien, 3D-mallien sekä animaatioiden yhdistämisen yhteen työkaluun ja niiden monipuolisen käytön mobiililaitteilla (Abdinejad ym., 2021; Keller ym., 2021).

Tässä tutkielmassa tekoälyä on käytetty kielenhuollon tarkistuksessa sekä lähteiden etsinnässä.

## 2 Kognitiivinen kuorma

Swellerin kognitiivisen kuorman teorian (1994) mukaan oppiminen on skeemojen eli automatisoitujen ajattelumallien varastoimista työmuistista pitkäkestoiseen muistiin. Swellerin uudemman kognitiivisen kuorman tutkimuksen mukaan tieto voidaan jakaa biologisesti ensisijaiseen ja toissijaiseen tietoon sen mukaan, mikä on evolutiivisesti tärkeää hankkia (Sweller, 2020). Esimerkki evolutiivisesta ensisijaisesta tiedosta on oman äidinkielen oppiminen (Xu ym., 2024). Evolutiivisesti ensisijaisen tiedon oppimisen motivaatio kumpuaa yksilön sisäänrakennetuista malleista tarkoituksena oppia esim. ympäröivän yhteisön tavat ja kommunikaatiokeinot. Toissijaisella tiedolla tarkoitetaan tietoa, jonka oppimisen eteen täytyy tehdä tietoista ponnistelua ja jonka opetuksen yleensä tarjoaa koululaitos (Kenneally & Bentley, 2024).

Biologisesti toissijaisen tiedon oppimisen eteen tehtävä tietoinen ponnistelu aiheuttaa kuormitusta työmuistille (Kenneally & Bentley, 2024). Tätä tiedon käsittelyyn kuluva ponnistelu kutsutaan kognitiiviseksi kuormitukseksi. Kun tieto on käsitelty työmuistissa, se siirtyy pitkäkestoiseen muistiin josta se on mahdollista noutaa takaisin työmuistiin ympäristön niin vaatiessa (Sweller, 2020).

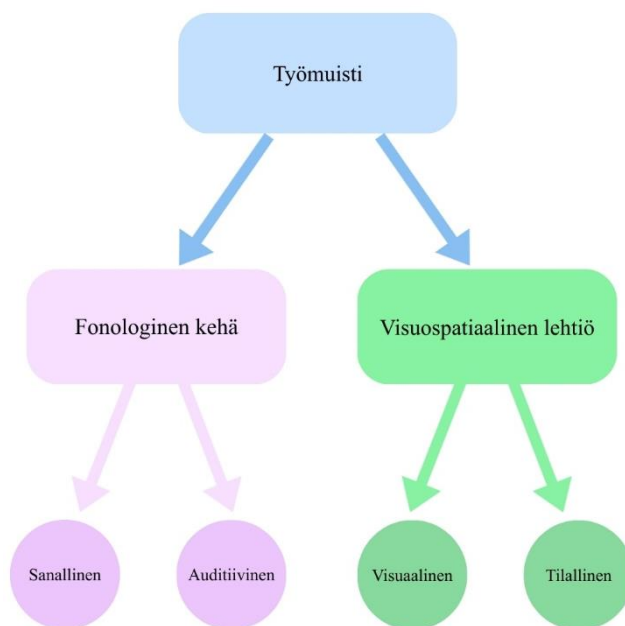
Kognitiivinen kuorma voi olla sisäistä, ulkoista tai olennaista. Sisäinen kuorma (engl. *intrinsic load*) kuvastaa itsessään opittavan asian vaikeutta ja kuinka paljon uudessa aiheessa on uusia opittavia osia. Ulkoinen kuorma (engl. *extraneous load*) liittyy fyysisiin oppimateriaaleihin ja kuvastaa ponnistelua, joka aiheutuu oppimateriaalien läpikäymiseen kuluva työstä, esim. onko kuva ja siihen liitetty teksti lähellä toisiaan vrt. kaukana toisistaan. Olennainen kuorma (engl. *germane load*) kuvastaa ponnistelua, mikä kuluu opiskelijan työhön muodostaa uudesta tiedosta skeemoja, ja yhdistää niitä aikaisemmin opittuihin asioihin (Keller ym., 2021). Yhdessä nämä kognitiivisen kuorman muodot kuormittavat työmuistia ja vaikuttavat oppimiseen. Kuvassa 1 on mallinnettu miten eri kognitiivisen kuorman muotojen määrät vaikuttavat kognitiivisen kapasiteetin täyttymiseen.



*Kuva 1: Kognitiivisen kuorman muodot ja niiden määrien yhteisvaikutus oppimiseen. Kuva on muokattu avoimen julkaisun artikkelista, jonka on julkaissut BMC/Springer Nature Advances in Simulation -lehdessä ja jota voidaan jatkovittää ja muokata Creative Commons Attribution License 4.0 -lisenssillä (CC BY-NCND) (Fraser ym., 2018)*

## 2.1 Työmuisti, sen osat ja niiden tehtävät

Työmuisti jakautuu kahteen vastaanottavaan yksikköön: fonologiseen kehään ja visuospatiaaliseen lehtiöön (Kenneally & Bentley, 2024). Molemmat yksiköt vastaanottavat tietystä muodossa tulevaa tietoa ja ovat vastuussa kyseisen tiedon käsittelystä. Fonologinen kehä on vastuussa puhutun ja luetun tiedon vastaanottamisesta ja käsittelystä. Visuospatiaalinen kehä vastaa näköhavaintojen avulla vastaanotetusta tiedosta, esimerkiksi kuvista ja videoista. Näitä molempia yksiköitä ohjaa työmuistin keskusyksikkö. Jokaisen yksikön kapasiteetti on kuitenkin rajallinen, ja liian samankaltaisen tiedon vastaanottaminen kuormittaa kerrallaan yhtä tiettyä yksikköä. Työmuistin liiallinen kuormitus aiheuttaa oppimistilanteen kognitiivista kuormitusta. Kun vastaanotettu tieto on käsitelty, ja skeema muodostettu, siirtyy tieto pitkäkestoiseen muistiin, josta sen voi noutaa myöhemmin tarvittaessa (Sweller, 2020). Työmuistin osat ja missä muodossa ne vastaanottavat tietoa on esitetty kuvassa 2.



*Kuva 2: Työmuisti, sen osat ja minkälaisessa muodossa olevaa tietoa ne vastaanottavat. Kuva on muokattu avoimen julkaisun artikkelista, jonka on julkaissut MDPI Education Science -lehdessä ja jota voidaan jatkolevittää ja muokata Creative Commons Attribution License 4.0 -lisenssillä (CC BY-NCND) (Kenneally & Bentley, 2024).*

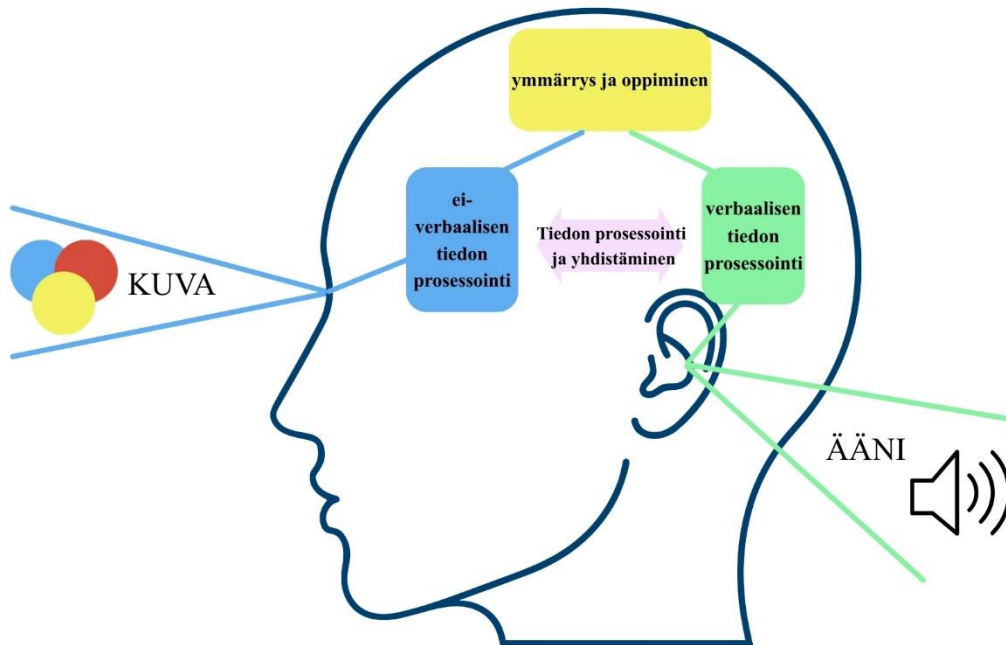
## 2.2 Kognitiivisen kuorman teoria

John Swellerin kognitiivisen kuorman teorian (1994) mukaan oppiminen on automatisoitujen mielen sisäisten mallien, eli skeemojen tallettamista pitkäkestoiseen muistiin. Muodostamalla skeemoja ja tallettamalla niitä pitkäkestoiseen muistiin, saadaan vähennettyä työmuistiin kohdistuvaa kuormaa eri oppimistilanteissa. Kun skeemat ovat tallennettu pitkäkestoiseen muistiin, voidaan niitä noutaa sieltä tarvittaessa. Tällöin skeemoja ei tarvitse ylläpitää työmuistissa ja aiheuttaa jatkuvaa kuormitusta. Esimerkiksi jos verrataan juuri lukemaan oppineen ja kokeneemman lukijan lukukokemuksia, heidän skeemansa ovat keskenään erilaiset. Juuri lukemaan oppineen lukijan skeemana toimii opittu kirjain-äänne -vastaavuus. Kokeneemmalla lukijalla skeemana taas toimii esimerkiksi luettavan alan termistö, jota noudetaan pitkäkestoisesta muistista termin esiintyessä tekstissä.

## 2.3 Kaksoiskoodaus -teoria

Allan Paivion kaksoiskoodausteoria perustuu kahteen erilliseen osajärjestelmään, joista toinen on erikoistunut käsittelemään verbaalisessa muodossa, ja toinen ei-verbaalisessa muodossa esiintyvää informaatiota. Teorian mukaan osajärjestelmät voivat olla aktiivisia yksin tai samanaikaisesti. Informaation prosessointi kahdessa osajärjestelmässä on huomattu johtavan suhteellisen kestävään siirtymiseen pitkäkestoiseen muistiin, kun on käytetty molempia

järjestelmiä aktivoivia ärsykeitä. Prosessoinnilla tarkoitetaan erilaisia menetelmiä, joilla osajärjestelmät on saatu aktivoitua. Esimerkkejä menetelmistä ovat esimerkiksi vain toisen järjestelmän aktivointi täsmällisellä informaatiolla, toisen järjestelmän aktivointi toisen avulla, tiedon järjestelmistä ja käsittelyä molemmissa järjestelmissä erikseen sekä niiden välillä (Paivio, 1986). Teoriaa on mallinnettu kuvassa 3.



Kuva 3: Allan Paivion kaksoiskoodusteorian mallinnus. Kuvassa on esitetty, kuinka tietoa voidaan vastaanottaa kahden eri kanavan avulla, jotka yhdessä ja erikseen prosessoivat tiedon. Lopulta tieto on ymmärretty ja opittu ja se siirtyy pitkäkestoiseen muistiin.

## 2.4 Kognitiivisen multimediaoppimisen teoria kognitiivisen kuorman vähentämisessä

Mayer tuo artikkelissaan *The Past, Present, and Future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning* (2024) esille, kuinka kognitiivisen multimediaoppimisen teoriaa on tutkittu viime vuosikymmeninä paljon, mutta sen peruseriaatteet ovat pysyneet samana: tiedon kaksikanavaisuus (verbaalinen ja ei-verbaalinen), tiedon käsittelyn rajallinen kapasiteetti sekä tiedon aktiivinen käsittely. Näitä yhdistelemällä on luotu kognitiivisen multimediaoppimisen teoria, jonka mukaan hyödyntämällä edellä mainittuja periaatteita, oppimisesta saadaan tehtyä mahdollisimman tehokasta vähentämällä oppimisen aikana muodostuvaa kognitiivista kuormaa (Mayer, 2024).

### 3 Lisätty todellisuus kemian opetuksessa

Lisätty todellisuus (*engl. Augmented Reality*, jatkossa AR) on teknologiatyökalu jonka käyttö on suuressa nousussa (Ngoc Son ym., 2025). AR:ssä yhdistyvät monet erilaiset visuaaliset apuvälineet, kuten esimerkiksi lyhyet animaatiot sekä 3D-mallit, joita opiskelijat voivat tutkia tarkemmin zoomaamalla ja pyörittämällä (Abdinejad ym., 2021; Keller ym., 2021). Usein AR:ää käytetään joko puhelimeen tai tablettiin ladattavalla sovelluksella joka on tehty yhteensopivaksi opetuksessa käytettävien materiaalien kanssa. Markkerina toimiva kuva opetusmateriaaleissa luetaan sovelluksen avulla, jolloin kyseinen kuva avautuu laitteen näytölle halutussa muodossa.

Kemian opiskelu vaatii opiskelijoilta kykyä tehdä mielensisäisiä rotaatioita ja hahmottaa molekyylien kolmiulotteista suuntautumista kerryttääkseen oppiainekohtaista sisältötietoa (Kenneally & Bentley, 2024). Monet tutkimukset ovat pyrkineet selvittämään visuaalisten apuvälineiden ja erityisesti AR:n osuutta kemian opiskelijoiden kognitiivisen kuorman vähentämisessä ja täten oppimistulosten parantamisessa (Abdinejad ym., 2021; Keller ym., 2021; Kenneally & Bentley, 2024).

#### 3.1 Visuaalisten apuvälineiden peruseriaatteet kemian opetuksessa

Wu ja Shah (2002) ovat tutkineet visuospatiaalisen kognition, eli kyvyn hahmottaa tilaa ja avaruudellista suuntautumista, osuutta kemian oppimisessa, Aikaisemmissa tutkimuksissa Wun ja Shahin (2002) mukaan on selvinnyt, että useat haasteet kemian opiskelussa johtuvat opiskelijoiden haasteista hahmottaa sekä sisäisiä että ulkoisia visuospatiaalisia esitysmuotoja. Tutkimuksessa on kerätty yhteen muita ajankohtaisia tutkimuksia visuaalisten apuvälineiden käytöstä osana kemian opetusta tarkoituksena muodostaa periaatteita, joiden mukaan visuaaliset apuvälineet tulisi suunnitella, jotta ne tukisivat oppimista parhaalla mahdollisella tavalla.

Jotta kemian opetuksessa käytettävät visuaaliset apuvälineet tukisivat opiskelijoiden käsitteenmuodostusta sekä visuospatiaalisen hahmotuskyvyn kehittymistä, tulisi Wun ja Shahin mukaan visuaalisten apuvälineiden pitää sisällään nämä seuraavat piirteet:

1. Tarjota useita kuvauksia ja esitysmuotoja
2. Yhdistää abstraktit käsitteet erilaisiin esityksiin, kuten esimerkiksi mikro- sekä makroskooppinen ja symbolinen

3. Esitellä kemian dynaamista ja vuorovaikutteista luonnetta
4. Tukea muodostamaan yhteys 2D:n ja 3D:n välille.

AR:n avulla näitä piirteitä pystytään tuomaan osaksi opetusta monin eri tavoin. Teknologian avulla useat kuvaukset ja esitysmuodot (piirre 1) saadaan helposti käyttöön yhden sovelluksen avulla. Esitysmuodoista esimerkiksi animaatiot tuovat esille kemian vuorovaikutteista luonnetta (piirre 3) ja mahdollistavat yhteyden muodostumisen 2D:n ja 3D:n välille (piirre 4). Makroskooppisten ilmiöiden syitä saadaan esitettyä mikroskooppisilla esityksillä. Näin saadaan tuettua abstraktien käsitteiden ymmärtämistä (piirre 2).

### 3.2 Lisätyn todellisuuden osuus kemian opetuksessa

AR:ää on viime vuosina tutkittu enemmän osana kemian opetusta. Monet tutkimukset (Abdinejad ym., 2021; Keller ym., 2021; Kenneally & Bentley, 2024; Ngoc Son ym., 2025; Rahayu ym., 2025) ovat osoittaneet AR:n potentiaalin ja hyödyn helpottamaan vaikeiden aiheiden ymmärtämistä sekä syventämään ymmärrystä opitusta aiheesta. Tutkimuksissa AR:ää on kokeiltu erilaisissa kemian aihealueissa, kuten esimerkiksi molekyylien rakenteiden sekä kemiallisten reaktioiden mekanismien hahmottamisessa molekyylylitasolla (Abdinejad ym., 2021), stereokemiassa, hiiliyhdisteiden kemiassa ja perisyklisten reaktioiden ymmärtämisessä (Keller ym., 2021), happo-emäs-kemiassa (Rahayu ym., 2025) sekä ymmärtämään kemian abstrakteja tieteellisiä käsitteitä (Ngoc Son ym., 2025).

Kemian opiskelun suurimpia haasteita ovat opiskelijoiden erilaiset valmiudet ja kyvyt mielensisäisiin rotaatioihin, jotka ovat tärkeässä roolissa abstraktien aiheiden ymmärtämisessä. Kognitiivisen kuorman määrä vaihtelee opiskelijoiden välillä riippuen kyvystä ajatella mielessään esimerkiksi molekyylin suuntautumista ja sen vaikutusta reaktion tapahtumiseen. AR:n avulla tätä kognitiivista kuormaa on saatu vähennettyä ja oppimistuloksia parannettua (Keller ym., 2021). AR:n avulla opiskelijat ovat myös kokeneet kemian opiskelun mielekkäämmäksi ja vähemmän stressaavaksi. AR mahdollistaa opiskelijoille virtuaalisen kokeellisen ympäristön, jossa stressi esimerkiksi vaarallisten aineiden käsittelystä katoaa. AR ja animaatiot mahdollistavat myös taaksepäin palaamisen reaktion vaiheissa, mikä olisi oikeissa olosuhteissa haastavaa tai mahdotonta (Ngoc Son ym., 2025).

### 3.3 Lisätyn todellisuuden mahdollisuudet kemian opetuksessa

nimisen sovelluksen, jota käytettiin osana opetusta. Vuosikurssin oppilaat oli jaettu kahteen ryhmään, joista toinen ryhmä sai perinteisen opetuksen lisäksi käyttöönsä MobilAR -sovelluksen. Sovelluksen avulla oppimateriaaleissa esiintyvät viivakaavat saatiin älylaitteeseen pallo-tikku -malleina, joita oli mahdollista pyörittää ja tutkia eri suunnista.

AR:ää pystytään hyödyntämään myös eri koulutusjärjestelmän vaiheissa. Keller ja muut (2021) tutkivat AR:n käyttöä yliopiston kemian kurssilla, jossa käsiteltiin kolmea eri kemian osaluuetta: stereokemiaa, hiiliyhdisteiden kemiaa ja perisyklisiä reaktioita. Tutkimusta varten oli tehty Augmented Reality Chemistry -sovellus (ARC), jonka avulla oppimateriaaleihin lisättyjä QR-koodeja pystyi lukemaan. Tutkimuksessa hyödynnettiin kahden eri vastaanottavan kanavan hyödyntämistä. Esimerkiksi QR-koodin sisältävä tehtävä piti sisällään tekstimuodossa esiintyvää tietoa tuoli- ja venekonformaatiosta, kuin myös rakennekaava -esityksen. QR-koodin avulla tähän pystyttiin lisäämään myös 3D-animaatio, jossa molekyyli vaihtuu hiljalleen tuolikonformaatiosta venekonformaatioon. Näin oppilaat saivat konkreettisen esitysmallin konformaatioiden eroista, ja pystyivät helpommin ymmärtämään miten muoto vaikuttaa esimerkiksi reaktioihin.

Keller ja muut hyödynsivät 3D-animaatioita myös Diels-Alder reaktioiden esittämiseen. Animaation tarkoituksena oli kiinnittää opiskelijoiden huomiota orbitaaleihin, ja miten ne ovat osana reaktiota. Animaatioiden avulla pystytään helposti paljastamaan mitä kemiallisissa reaktioissa tapahtuu, vaikka reaktion eri vaiheita ei pystykään paljaalla silmällä näkemään. Animaatiot myös mahdollistavat reaktion seuraamisen useampaan kertaan.

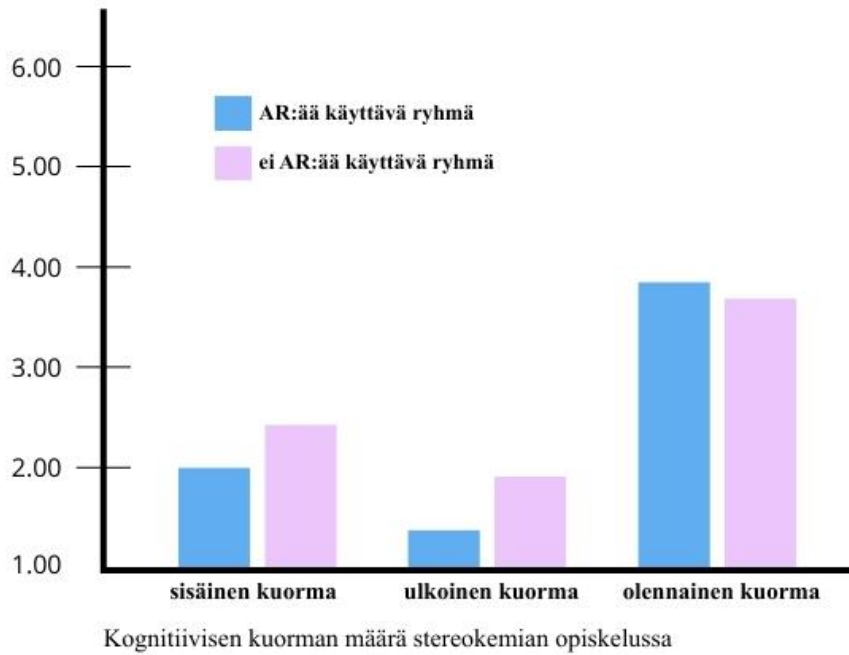
Ngoc Son ja muut (2025) tutkivat lisätyn todellisuuden hyödyntämistä myös virtuaalilaboratorioiden osalta. Kaikissa koululaitoksissa ei ole tarjota yhtä hyviä tiloja ja mahdollisuuksia suorittaa kemiallisia kokeita. Tutkimuksessa opiskelijat pääsivät tekemään pienissä ryhmissä kemiallisia kokeita AR:n mahdollistamassa virtuaaliympäristössä. Opiskelijat olivat vietnamilaisen alemman toisen asteen opiskelijoita, mikä vastaa Suomen yläkoulua. Opiskelijoilla oli mahdollisuus kokeilla reaktioita eri lähtöaineilla, ja näin testata hypoteesejaan tosiksi tai vääriksi. Virtuaalilaboratorioiden käyttö paransi opiskelijoiden oppimistuloksia, mikä oli myös todistettu tutkimuksissa, joihin Sonin ja muidenkin tutkimus pohjautui.

### 3.4 Lisätyn todellisuuden hyödyt kognitiivisen kuorman vähentämisessä

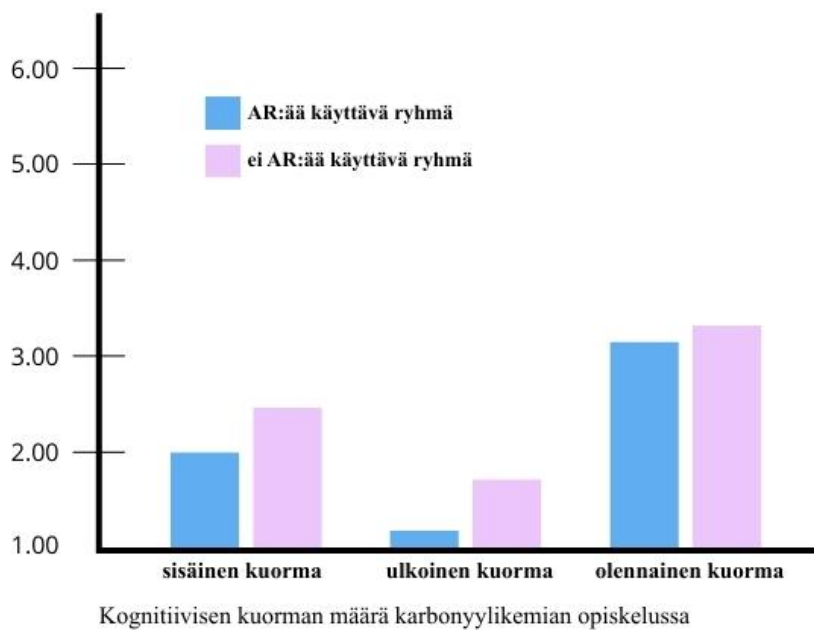
Tämän kirjallisuuskatsauksen luvussa 2. on käsitelty ja esitelty kognitiivista kuormaa ja sen eri muotoja. Keller ja muut (2021) tutkivat erityisesti AR:n vaikutusta kognitiivisen kuorman eri muotojen määrään oppimisessa. Tutkimuksessa yliopistotason kemian kurssilla läpikäytiin stereokemiaa, hiiliyhdisteiden kemiaa ja perisyklisten yhdisteiden reaktioita. Opiskelijat oli jaettu kahteen ryhmään, joista toinen sai opetuksen lisäksi käyttöönsä AR-sovelluksen, jonka avulla käydä läpi oppimateriaaleissa esiintyviä kuvia ja kaavioita.

Tutkimuksessa todettiin, että ryhmän opiskelijat, jotka hyödynsivät opiskelun aikana AR-sovellusta, kokivat pienempää sisäistä sekä ulkoista kuormitusta kaikissa kolmessa aihealueissa, verrattuna toisen ryhmän opiskelijoihin, jotka eivät hyödyntäneet AR-sovellusta. Tämä tarkoittaa, että AR:ää hyödyntävien ei tarvinnut tehdä yhtä suurta kognitiivista ponnistelua itse aiheen ymmärtämiseen tai visuaalisten apuvälineiden tulkitsemiseen. Tutkimuksessa huomautetaan, että on kuitenkin mielenkiintoista kuinka sisäisen kuormituksen määrä, mikä kuvastaa aiheen hankaluutta, eroaa ryhmien välillä, vaikka ryhmien ainoa eroavaisuus on AR-sovelluksen käyttö.

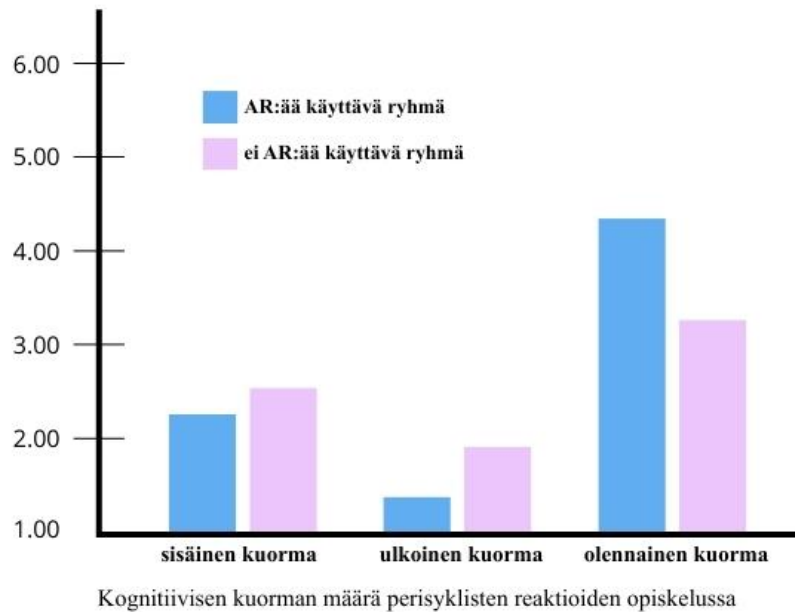
Tutkimuksessa kolmannen aiheen, perisyklisten reaktioiden, kohdalla huomattiin ryhmien välillä kuitenkin isompia eroavaisuuksia. Molempien ryhmien sisäisen kuorman määrä oli hieman korkeampi kahteen aikaisempaan aiheeseen verrattuna. Kuitenkin yleisen kuormituksen määrässä AR:ää käyttävä ryhmä koki suurempaa kuormituksen määrää verrattuna toiseen ryhmään. Tulokset on kerätty vertailemalla ennen tutkimuksen aloittamista tehdyn testin tuloksia testiin, joka on tehty opiskeltavan aiheen jälkeen. Tähän on saattanut vaikuttaa ei-AR ryhmän opiskelijoiden testitulosten pienet eroavaisuudet, mikä vähentää lopputuloksissa yleisen kuorman määrää. Ottaen kuitenkin huomioon myös testitulokset ja ulkoisen kuorman määrän, puoltaa tutkimus kuitenkin AR:n vaikutusta kognitiivisen kuorman vähentämiseen aiheessa kuin aiheessa. Tutkimuksessa esiintyneet kuvaajat kognitiivisen kuorman määristä on esitetty kuvaajissa 1, 2 ja 3.



Kuvaaja 1: Kognitiivisen kuorman määrä stereokemian opiskelussa. Kuva on muokattu avoimen julkaisun artikkelista, jonka on julkaissut MDPI Education Sciences -lehdessä ja jota voidaan jatkolevittää ja muokata Creative Commons Attribution License 4.0 -lisenssillä (CC BY-NCND) (Keller ym., 2021).



Kuvaaja 2: Kognitiivisen kuorman määrä karbonyylikemian opiskelussa. Kuva on muokattu avoimen julkaisun artikkelista, jonka on julkaissut MDPI Education Sciences -lehdessä ja jota voidaan jatkolevittää ja muokata Creative Commons Attribution License 4.0 -lisenssillä (CC BY-NCND) (Keller ym., 2021).



Kuvaaja 3: Kognitiivisen kuorman määrä perisyklisten reaktioiden opiskelussa. Kuva on muokattu avoimen julkaisun artikkelista, jonka on julkaissut MDPI Education Sciences -lehdessä ja jota voidaan jatkolevittää ja muokata Creative Commons Attribution License 4.0 -lisenssillä (CC BY-NCND) (Keller ym., 2021).

### 3.5 Lisätyn todellisuuden tulevaisuus kemian opetuksessa

Kellerin ja muiden (2021) tutkimuksessa huomattiin, että AR:n käyttö on parantanut opiskelijoiden oppimistuloksia niin yksinkertaisimmissa aiheissa, kuten stereokemiassa, kuin myös enemmän abstrakteissa ja vaikeimmissa aiheissa, kuten perisyklistisissä reaktioissa. Tutkimuksessa todetaan, että tulevaisuudessa AR:ää voidaan käyttää kemian opetuksessa aiheesta riippumatta, jotta voitaisiin välttää turhan ulkoisen kuorman muodostumista oppimisen aikana.

Kenneally ja Bentley (2024) tuovat tutkimuksensa loppupäätelmissä esille, että AR:n käyttöä osana kemian opetusta tulisi tutkia vielä enemmän, ja erityisesti sen hyödyistä eri tasoille oppilaille. Tulevaisuudessa olisi hyvä tutkia lisää saavatko eri tasoiset oppilaat saman hyödyn samoista materiaaleista, vai tulisiko sovelluksiin lisätä monipuolisuutta.

Tietotekniikan kehitys on tällä hetkellä hyvin nopeaa. Useimmilla opiskelijoilla, kuin myös koulutuslaitoksilla, on mahdollisuus käyttää tietoteknisiä laitteita opiskelun ohella ja näin myös mahdollisuus hyödyntää AR:ää. Kellerin ja muiden (2021) tutkimuksessa on selvitetty ja todettu AR-sovellusten helppokäyttöisyyden suoraa suhdetta ulkoisen kuorman vähentämiseen opiskelussa. Tutkimuksessa tuodaan kuitenkin esille, että sovelluksia suunniteltaessa, täytyy käytettävyyttä ottaa tarkasti huomioon. Ngoc Sonin ja muiden (2025) tutkimuksen haastatteluissa

kävi ilmi, että oppilaat kokivat haastavaksi sovelluksen epäyhteensopivuuden eri laitteiden kanssa, jotka käyttivät eri käyttöjärjestelmää. Sovellus vaatii myös hyvää nettiyhteyttä, ja joskus oppilaat joutuivat odottamaan useita minuutteja sovelluksen aukeamista ja kuvan tai animaation latautumista.

## 4 Päätelmät ja yhteenveto

Tässä kirjallisuuskatsauksessa käsiteltiin AR:ää ja sen osuutta kognitiivisen kuorman vähentämisessä erityisesti kemian opetuksessa eri koulutusasteilla. Teknologian kehittymisen myötä AR:n käyttö opetuksessa on lisääntynyt. AR:n avulla abstraktien aiheiden opettaminen ja oppiminen helpottuu, kun molekyylit ja reaktiot saadaan esitettyä tarkemmin ja monipuolisemmin, mahdollistaen esimerkiksi molekyylien kolmiulotteisen suunnan tarkastelun.

Kirjallisuuskatsauksessa painotettiin erityisesti AR:n käytön hyötyjä oppimisessa tapahtuvan kognitiivisen kuorman vähentämisessä. Erilaiset tutkimukset kognitiivisesta kuormasta tuovat esille keinoja, joilla oppimisesta ja tiedon käsittelystä voidaan tehdä vähemmän kuormittavaa, esimerkiksi tiedon esittämistä erilaisissa muodoissa. Työmuistin kuormitus vähenee, kun tietoa saadaan vastaanotettua eri työmuistin osilla, fonologiseen kehällä ja visuospatiaalisella lehtiöllä. Tiedon vastaanottamisen ja käsittelyn jälkeen, tieto siirtyy pitkäkestoiseen muistiin, ja näin tieto on ns. ”opittu”. AR mahdollistaa tiedon esittämisen monipuolisessa muodossa erilaisten kuvien, animaatioiden ja 3D-mallien avulla ja täten työmuistin monipuolisen kuormituksen. Tutkimuksissa todettiin AR:ää hyödyntävien opiskelijoiden kognitiivisen kuorman olleen pienempi kuin ei-AR:ää käyttävien opiskelijoiden. AR:n käyttö paransi myös opiskelijoiden suoriutumista opiskelun jälkeen tehdyissä kokeissa.

Vaikka tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimukset osoittavatkin AR:n hyödyt oppimistulosten paranemisessa sekä kognitiivisen kuorman vähenemisessä, tulee muistaa ettei näistä tutkimuksista voi tehdä yleispäteviä johtopäätöksiä. AR on vielä uusi ja kehittyvä teknologia, jonka käyttäminen erityisesti opetuksessa vaatii paljon lisätutkimusta. Se miten, minkälaisissa aiheissa ja minkä tasoilla opiskelijoilla AR antaa parhaan hyödyn, on vielä jatkotutkimusten tarpeessa. Teknologian käytön sujuvuus ja sovellusten erilaisuus aiheuttavat vielä pieniä haasteita opetuksessa, mutta tulevaisuudessa nämäkin haasteet saadaan varmasti poistettua. AR on kuitenkin osoittanut potentiaalinsa osana oppimisen helpottamista kemian alalla ja varmasti vakiinnuttaa rooliaan tulevaisuudessa.

## 5 Lähteet

- Abdinejad, M., Talaie, B., Qorbani, H. S., & Dalili, S. (2021). Student Perceptions Using Augmented Reality and 3D Visualization Technologies in Chemistry Education. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 87–96. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09880-2>
- Fraser, K. L., Meguerdichian, M. J., Haws, J. T., Grant, V. J., Bajaj, K., & Cheng, A. (2018). Cognitive Load Theory for debriefing simulations: Implications for faculty development. *Advances in Simulation*, 3(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s41077-018-0086-1>
- Keller, S., Rumann, S., & Habig, S. (2021). Cognitive Load Implications for Augmented Reality Supported Chemistry Learning. *Information*, 12(3), 96. <https://doi.org/10.3390/info12030096>
- Kenneally, C. D., & Bentley, B. (2024). A Cognitive Load Approach to Molecular Geometries: Augmented Reality Technology and Visuospatial Abilities in Chemistry. *Education Sciences*, 14(9), 1036. <https://doi.org/10.3390/educsci14091036>
- Mayer, R. E. (2024). The Past, Present, and Future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 36(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09842-1>
- Ngoc Son, P., Dang, T. T. A., Hoai, V. T. T., Thai, H. M., Chu, V. T., & Nguyen, M. H. (2025). Augmented Reality to Enhance Chemistry Learning Outcomes in Vietnamese Lower Secondary Schools: A Quasi-Experimental Study on Acid-Base–pH–Oxide–Salt Topics. *European Journal of Educational Research*, 14(4), 1259–1275. <https://doi.org/10.12973/eujer.14.4.1259>
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195066661.001.0001>
- Rahayu, S., Asih, E. J. V. T., Ardyansyah, A., & Alam, M. D. (2025). Enhancing High School Students' Conceptual Understanding of Acid-Base Chemistry through Augmented Reality Modules. *Educación Química*, 36(4), 142–156. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.4.90694>
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)

- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Wu, H., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465–492. <https://doi.org/10.1002/sce.10126>
- Xu, K. M., Coertjens, S., Lespiau, F., Ouwehand, K., Korpershoek, H., Paas, F., & Geary, D. C. (2024). An Evolutionary Approach to Motivation and Learning: Differentiating Biologically Primary and Secondary Knowledge. *Educational Psychology Review*, 36(2), 45. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09880-3>