

## TEKOÄLY KEMIAN OPETUKSESSA

Ari Myllyviita, Helsingin yliopiston Viikin normaalikoulu

### 1 Johdantoa

Tässä artikkelissa ei käsitellä tekoälyn taustoja tai jotain perusteita matemaattisesta ja tilastollisesta koneoppimisesta tai luonnollisista kielimalleista. Koetan hahmottaa sellaista käyttötarkoituksia tekoälylle, jotka soveltuvat nykyaikaiseen kemian opetukseen. Lähtökohtana on positiivinen asenne tekoälyn käyttöön niin opettajan kuin oppijankin roolissa, tekoälyn käytön kieltäminen tai vähättely ei siis ole vaihtoehto. Hankaluuksia ovat tuottaneet eri palveluihin liittyvät ikärajoitukset ja tietoiset pyrkimykset tekoälyn työkalujen opiskelun ja opettamisen vähättelyyn.

Tässä(kin) esitetyt esimerkit ja suositukset vanhenevat hyvin nopeasti, mutta antavat kuvaa siitä, mihin tekoäly pystyy ja miten voimme sitä hyödyntää tässä ja nyt. Kemian opetuksen tutkimus on vielä hakemassa suuntaa, mihin olemme menossa tekoälyn hyödyntämisen osalta.

Voidaan puhua tekoälypedagogiikasta ja sen rakentamisesta osaksi opettajan pedagogista osaamista. Ensinnäkin opettajat pitää osata tunnistaa ja arvioida tekoälysovellusten pedagogiset hyödyt ja valita asianmukaiset työkalut opetuksen suunnittelun, pedagogiikan ja arvioinnin tukemiseksi. Opettajien on kehitettävä kykyä arvioida kriittisesti, milloin ja miten tekoälyä voidaan käyttää opetuksessa ja oppimisessa eettisesti ja ihmiskeskeisesti, sekä suunnitella ja toteuttaa osallistavia tekoälyavusteisia opetus- ja oppimiskäytäntöjä.

Opettajien oman ammatillisen kehittymisen näkökulmasta heidän täytyy olla tietoisia tekoälyn mahdollisuuksista tukea heidän jatkuvaa ammatillista kehittymistään. Tekoälyn nopean kehityksen vuoksi opettajat tarvitsevat aikaa ja resursseja seurata sitä ja tarvittaessa myös testata tekoälyn käyttöä omassa opetuksessa. Kokemuksien jakaminen opettajayhteisössä nousee merkittävään rooliin.

### 2 Tekoälyn työkalujen kehityshistoriaa ja paikka kemian opetuksessa

Tekoälyn erilaiset työkalut perustuvat yleiset ns. luonnollisiin kielimalleihin, mikä käytännössä on tarkoittanut tekstejä ja niiden käsittelyä erittäin tehokkailla laitteilla ja algoritmeilla. Tämän vuoksi kaikki se, mikä on olemassa tekstimuodossa tai tekstiin rinnastettavissa, on tekoälyn pohjana.

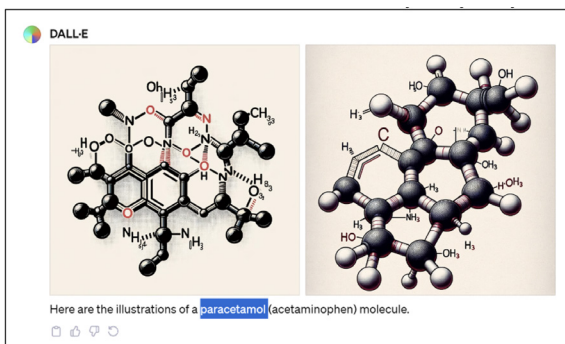
Kemian opetuksessa on tekstien, taulukoiden, numeeristen tietojen, graafisten esitysten, algoritmisten järjestelmien ym. lisäksi tärkeässä roolissa mallintaminen, simulaatiot, visu-

alisointi (submikroskooppisen maailman kuvaaminen) ja omana osana kokeellisuus (makroskooppisen maailman kuvaaminen) ja kemiallisten reaktioiden reaktiomekanismien ja olosuhteiden hallitseminen.

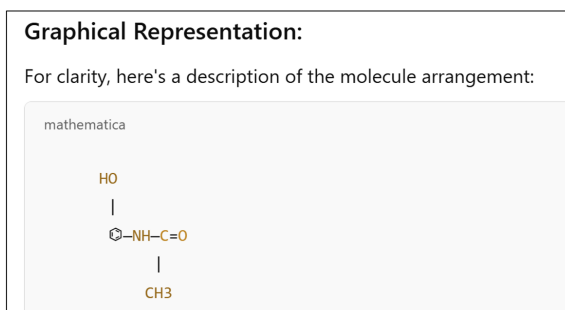
Viereinen kuva havainnollista kemian erilaisten työkalujen merkityksen. Pedagogisten työkalujen integrointi tekoälyyn on edelleen hankalaa, joskin kehitystä tapahtuu koko ajan. Kognitiivisten työkalujen kohdalla tekoälyllä on jo paikkansa, johon palataan tässä artikkelissa myöhemmin. Metakognitiiviset työkalut edellyttävät hyvin erilaisia lähestymistapoja, joissa osin tekoäly auttaa erityisesti laajojen tietomäärien ja dokumentointien analysoinnissa.



Kuva 1. Kemian erilaiset työkalut ryhmiteltynä



Kuva 2. Parasetamoli DALL-E-tekoälyn tuottamana



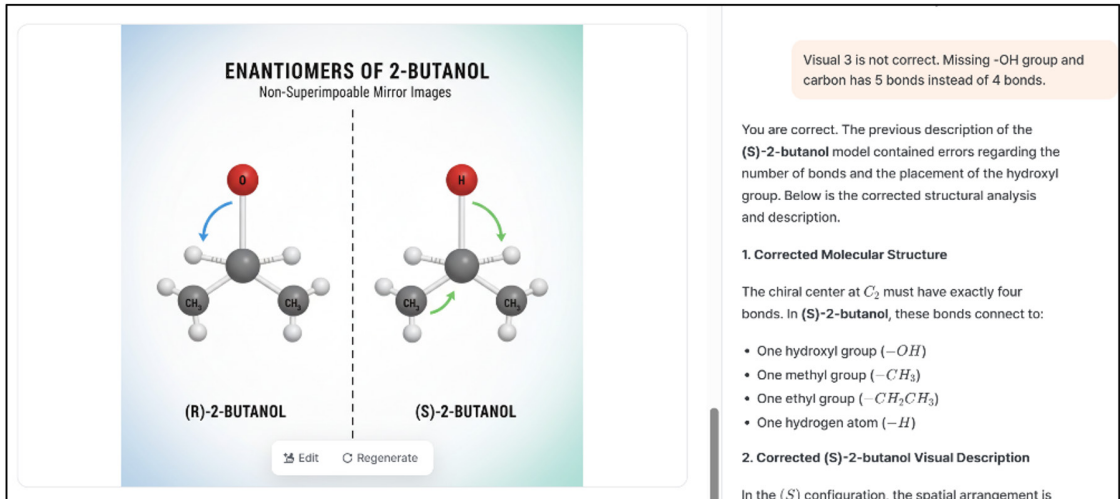
Kuva 3. ChatGPT:n molekyylien siirtämisen alkuvaiheita

**Mallintamisen** kohdalla kehitys on ollut riippuvainen tekoälyn kykyyn käsitellä kuvia, animaatioita, videoita ja puhetta. Reilu pari vuotta sitten ChatGPT:n ohella kehittyi DALL-E-tekoälyn, joka pystyi luomaan kuvia pyynnön perusteella (kuva 2). Kemian kohdalla tulos oli kaukana oikeasta. Se ei vastannut oikeastaan missään kohtaa haluttua lopputulosta.

Ajan myötä, kun tekoäly on oppinut käsittelemään kemiallisia rakenteita, mm. molekyyliä, se on voinut hahmottaa alkeellisia rakennekaavoja orgaanisen kemian molekyyleistä. Tekoäly osaa hyödyntää erilaisia palveluita (kuva 3), mikä on mahdollistanut ensi askeleita molekyylien mallintamiseen.

Myöhemmin esittelen uuden tekoälypalvelun GPAI, joka mainostaa itseään aivan uudenaikaisena matematiikan ja luonnontieteiden työkaluna. Senkin alkuvaiheet ovat olleet hieman hankalia,

koska todellisuudessa se ei osaa hahmottaa asioita, vaan käsittelee mediadataa kuin tekstiä. Ystävällisenä se tietenkin myöntää kysyjän olevan oikeassa, mutta ei vielä (!) osaa korjata käytännössä omaa virheellistä esitystään.



Kuva 4. GPAl-palvelun tuotos ja korjausesitys

### 3 Perustyökalut eli ChatGPT, Copilot ja Gemini

Tekoälyn perustyökalut perustuvat (vielä) OpenAI-tekoälyyn. OpenAI:n oma ChatGPT, Googlen Gemini ja Microsoftin Copilot ovat markkinoiden yleisimmät tekoälytyökalut.

**ChatGPT:n** perusmallit ovat OpenAI:n mukaan koulutettu ”julkisesti saatavilla olevalla datalla, lisensoidulla datalla ja ihmisten tuottamalla datalla”. Kun verkkohaku on käytössä, ChatGPT voi hakea ajantasaisia tietoja verkosta. Lisäksi ChatGPT voi käyttää liitettyjä sovelluksia ja muistia kontekstina, jos nämä ovat käytössä (mm. Wolfram Alpha).

**Gemini** nojaa Google/DeepMindin malliperheeseen. DeepMindin teknisen raportin mukaan Geminin esikoulutusdata on multimodaalista ja monikielistä, ja siihen kuuluu verkkodokumentteja, kirjoja, koodia sekä kuvadataa, ääntä ja videota.

**Microsoft Copilot** suuret kielimallit käyttäjän organisaatiodataan. Taustamalleina Microsoft käyttää LLM:iä, ja virallisten lähteiden mukaan Microsoft 365 Copilot käyttää OpenAI-malleja.

ChatGPT, Copilot ja Gemini ovat kaikki generatiivisia AI-työkaluja, mutta ne nojaavat eri tavoin kolmeen tietolähteeseen: 1) mallin aiempaan koulutusdataan, 2) reaaliaikaiseen verkkohakuun ja 3) käyttäjän tai organisaation omiin tietoihin. Tämä osaltaan viestittää

sen, että niin organisaatiot kuin opettajatkin voivat luoda omia AI-työkaluja rajoittamalla käyttöä ja liittämällä niihin organisaation tai henkilön omia tietolähteitä.

Yksi tekoälyn tärkeimmistä ominaisuuksista on sen kyky keskustelunomaiseen vuorovaikutukseen. Muotoilemalla hyviä (?) kysymyksiä, saat asiantuntevia vastauksia. Taustalla olevat tietomäärät ovat valtavia, myös eri kielillä, mikä mahdollistaa myös suomen kielen käytön niin kysymyksissä että vastauksissa. Tähän palaan myös myöhemmin.

#### 4 Tekoälyn vuorovaikutusominaisuus

Kemian opetuksen yhteydessä tekoäly voi tarjota opiskelijoille ainutlaatuisia mahdollisuuksia tutkia monimutkaisia käsitteitä vuorovaikutteisemmalla ja dynaamisemmalla tavalla. Seuraavassa yksi esimerkki (Copilotilla tehty), jossa hyödynnetään oletusta, että erilaisten orgaanisten yhdisteiden kiehumispisteillä on jokin säännönmukaisuus ja se on selitettävissä jollakin teorialla:

ChatGPT ei tuottanut vuosi sitten tietoisesti oikeaa tekstiä ja sisältöä, vaan se tuottaa vain tekstiä, joka jotenkin johdonmukaisesti liittyy annettuun kysymykseen. Eli on tärkeää käydä vastaus läpi ja tarkistaa käsitteistöön ja selitykseen liittyvät kielelliset seikat. Käsitteiden ja teorian tarkistus on tärkeää. Esimerkiksi kysyessä kemian termistä ”vahva sidos” se sekoittui käsitykseen, että kyse on vahvasta ”sidoksesta” tuntematta itse kemiassa käytettyä käsitettä. Tämäkin todennäköisesti korjautuu ajan myötä ChatGPT:n vastauksissa.

Esimerkki (Copilot), jossa totesin tekoälylle, ettei vetysidos, jonka oli sellaiseksi luokitellut, ole vahvasidos, kun se oli niin väittänyt (keskustelua käytiin orgaanisten yhdisteiden kiehumispisteistä):

**Kommenttini:** *Vetysidos ei ole määritelmän mukaan vahva sidos, vaikkakin on vahva heikko sidos.*

**Vastaus:** *Olet oikeassa. Vetysidos ei ole vahva sidos samalla tavalla kuin kovalenttiset tai ioniset sidokset, mutta se on vahvin heikoista sidoksista. Vetysidokset syntyvät, kun vetyatomi, joka on kovalenttisesti sitoutunut elektronegatiiviseen atomiin (kuten happeen, typpeen tai fluoriin), vetää puoleensa toisen molekyylin elektronegatiivista atomia. Tämä vetovoima on heikompi kuin kovalenttiset tai ioniset sidokset, mutta se on silti merkittävä ja vaikuttaa yhdisteiden fysikaalisiin ominaisuuksiin, kuten kiehumispisteisiin.*

Opetus tässä on siinä, että on tärkeää tehdä oikean muotoinen kysymys ja käydä se läpi ajatuksella (teoria täytyy tuntea, tai myös sitä voi kysyä erikseen; esim. mitä muita vahvoja sidoksia on olemassa, jos ja kun epäilee vastausta). Lisäksi on aina mielekästä kirjoittaa lopullinen teksti ”omalla kielellä” varmistaen, että myös itse ymmärtää tekstin. Näin myös täytyy asia opastaa oppijoille.

Tekoälyn käytön opettaminen ennen sen käyttöä on tärkeä osa sen hyödyntämistä. Amelia King kirjassaan ”Thinking with AI” opastaa käyttäjiä. Tämä käynnistää metakognitiivisen syklin ja pakottaa hänet vahvistamaan, onko AI:n käyttö todella paras vaihtoehto (King 2025).

Sen sijaan, että käytämme tekoälyä kuten hakukonetta (Google, Bing tms.), King (King 2025) suosittelee toisenlaista lähestymistapaa ja toteutusta. Esim. listauspyynnön sijaan, luettele kaikki mitä tiedät, ja kysy sitten tekoälyltä, mitä sinulta puuttuu – pakottaen tekoälyn rakentamaan perustasi päälle, ei korvaamaan sitä. Paras tapa itse oppia jotain on opettaa tekoälyä. Oppilas käskää tekoälyä käyttäytymään kuin ”hämmäntynyt ikätoverinsa”. Nyt oppilas on asiantuntija ja tekee raskaan työn, ja tekoäly on vain tukirakenne. Muutenkin tekoälyä pitää hyödyntää oppimisen välineenä ei tiedon lähteenä.

## 5 ChatGPT ja Perplexity tehtävien tuottajana ja oppijoiden tukena

Edellä mainittujen toimintamallien lisäksi tekoäly tuottaa erinomaisesti aineistoja ja dokumentteja hyvinkin erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kemian opetuksessa hyvin asetettujen kysymysten ja toiveiden avulla on mahdollista saada hyvinkin perusteellisia vastauksia.

Missä kemian ylioppilastehtävissä vuosien 2018-2026 välillä on pyydetty määrittämään lähtöaineiden tai reaktiotuotteiden hapetuslukuja?

📄 ✎

Mietti 6m 11s >

Alla ovat (YTL:n julkaisemien **hyvän vastauksen piirteiden / arvosteluohjeiden** perusteella) kemian yo-tehtävät, joissa on **nimenomaisesti pyydetty määrittämään hapetuslukuja / hapetusasteita** vuosien 2018–2026 aikavälillä:

Tutkintokerta	Tehtävä	Mitä pyydetään hapetusluvuista?
Kevät 2021	6.1 ja 6.2	Osatehtävissä on erikseen kohta ” <b>Hapetusluvut</b> ” (mm. Pt ja N: lähtö- ja lopputilan hapetusluvut). <span style="float: right; font-size: small;">Ylioppilastutkinto</span>
Kevät 2022	7.1 ja 7.2	Reaktioyhtälön lisäksi: ” <b>Miten atomien hapetusluvut muuttuvat reaktiossa?</b> ” (Xe-, O- jne. hapetusluvut ennen/jälkeen). <span style="float: right; font-size: small;">Ylioppilastutkint...</span>
Kevät 2023	6.2	”Kirjoita reaktioyhtälö... <b>Mikä on zirkoniumin hapetusluku reaktiotuotteessa?</b> ” <span style="float: right; font-size: small;">Ylioppilastutkint...</span>
Syksy 2023	10.1	”Esitä ... reaktioyhtälöt ja <b>jodin hapetusasteet (hapetusluvut)</b> reaktion eri vaiheissa.” <span style="float: right; font-size: small;">Ylioppilastutkint...</span>

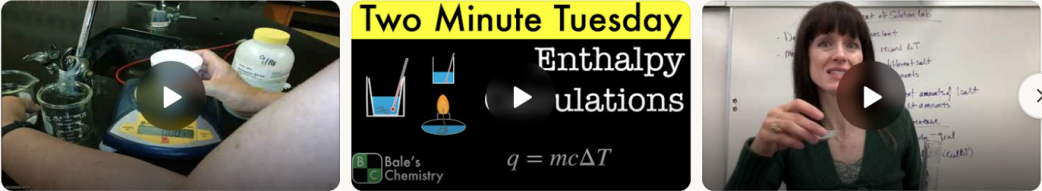
Kuva 5: ChatGPT:n hyödyntäminen ylioppilaskokeiden läpikäynnissä.

Sitä mukaa kun tekoälylle syötetään aineistoja ja siltä kysellään tiettyjen teemojen mukaisista materiaaleista, se palvelee käyttäjiä. Esimerkiksi lukion kemian opetuksessa on tärkeää käyttää sopivan tasoisia tehtäviä, ja mm. aiempien ylioppilaskokeiden tehtäviä. Esimerkiksi tietyn ainealueen mukaisten ylioppilaskokeiden tehtävien haku toimii jo nyt kohtuu hyvin. Seuraavassa kuvassa esimerkki KE5-kurssin harjoitustehtävien haku ChatGPT:n avulla.

Perplexity-tekoälyn tuottaa vastaavasti tarvittavia aineistoja ja työkaluja opetuksen tueksi. Tässä esimerkki kokeellisen työskentelyn tueksi:

Hae kokeellisia töitä - videoita, ohjeita - lukiotasolle liukenemislämmön ja reaktiolämmön määrittämiseksi.

Reviewed 20 sources >



Lukiotasolle sopivia liukenemis- ja reaktiolämmön kokeita löytyy hyvin etenkin yksinkertaisesta kalorimetriasta (“kahvikuppikalorimetri”). [edu.rsc +1](#)

Videot liukenemislämmöstä

- Heat of Solution Lab – liukenemislämpö (suola + vesi), selkeä mittaus ja laskuesimerkki, sopii lukiotason opiskelijoille. [YouTube](#)
- Enthalpy of Solution -video, jossa käydään läpi liukenemislämpö-kokeen asetelma ja mittausten ajatus (englanniksi). [youtube +1](#)

Näissä videoissa liukenemislämpö määritetään mittaamalla lämpötilan muutos eristetyssä

Kuva 6: Perplexity-tekoälyn tuotosta reaktiolämmön opetukseen.

Näiden kahden tekoälyn kesken ei juurikaan sisällön osalta ole eroja – hieman erilaisia lopputuloksia toki, mutta ei sisällön osalta merkittäviä. ChatGPT:n laaja käyttö saattaa aiheuttaa sitä, että vastauksia joutuu odottamaan. Oma merkityksensä on tietenkin sillä, millaisella työskentely moodilla (mikä versio, syvällisempi tms.) vastauksia hakee.

Ennen ChatGPT:n lanseerausta Googlen DeepMindin AlphaFold 2 (vuonna 2020) osoitti kykenevänsä laskemaan proteiinin 3D-rakenteen tunneissa kuukausien sijaan. Tästä on vielä edetty kuusi vuotta. Tekoäly vie kemiassa tieteellistä tutkimusta uusiin ulottuvuuksiin jo

pelkästään laskentatehon ja tietokantojen vertailujen avustamana. Se, miten tämä ominaisuuden hyödynnetään kemian opetuksessa, riippuu enemmänkin mielikuvituksesta kuin tarjolla olevasta tiedosta.

## 6 Tekoälyn aineistojen yksilöllistäjänä – AI-tutor

Tekoälyn avulla opiskelijat voivat hyötyä mukautuvista oppimisalustoista, jotka räätälöivät opetusisällön heidän yksilöllisiin tarpeisiinsa ja oppimistyyliihinsä. Tekoälyalgoritmit voivat analysoida opiskelijoiden suoritustietoja ja antaa kohdennettua palautetta, auttaen heitä tunnistamaan kehitysalueita ja tarjoten yksilöllisiä opiskelumateriaaleja.

Opettajaa ja oppijoita voidaan tukea luomalla uudentyyppisiä opetusjärjestelmiä. Nämä järjestelmät käyttävät tekoälyalgoritmeja tarjotakseen reaaliaikaista ohjausta ja tukea opiskelijoille heidän navigoidessaan kemian oppituntien läpi. Ne voivat vastata kysymyksiin, antaa selityksiä ja tarjota vaiheittaista ongelmanratkaisuapua, täydentäen opettajan roolia ja edistäen itsenäistä oppimista.

Tekoäly auttaa palautteen antamista oppijoille. Oppija voi tarkistaa vastauksen hyödyntämällä tekoälyä. Tekoälypohjaiset arviointijärjestelmät voivat arvioida tehtäviä ja kokeita, tarjoten objektiivisia ja johdonmukaisia vastauksia. Oppijalla on mahdollisuus saada oikea-aikaista ja välitöntä palautetta, helpottaen heidän oppimisedistystään. Henkilökohtainen lähestymistapa antaa opiskelijoiden oppia omaan tahtiinsa, keskittyä enemmän huomiota vaativiin alueisiin ja saada räätälöityä palautetta (AI-tutor).

## 7 Uudentyyppiset oppimateriaalit ja oppikirjat

Tekoälyä voidaan hyödyntää älykkäiden opetusresurssien, kuten sähköisten kemian oppikirjojen ja vuorovaikutteisten oppimismoduulien, luomiseen. Nämä resurssit voivat mukautua yksittäisten opiskelijoiden tarpeisiin. Tekoälyalgoritmit voivat analysoida opiskelijoiden vastauksia ja mukauttaa sisältöä sen mukaisesti, varmistaen, että opiskelijat saavat oppimismateriaalit, jossa huomioidaan ongelmakohtia ja puutteita. Tekoälyalgoritmien voimalla toimivat verkkoalustat voivat suositella relevantteja oppikirjoja, tutkimusartikkeleita ja opetusvideoita yksilöllisten tarpeiden ja kiinnostusten kohteiden perusteella.

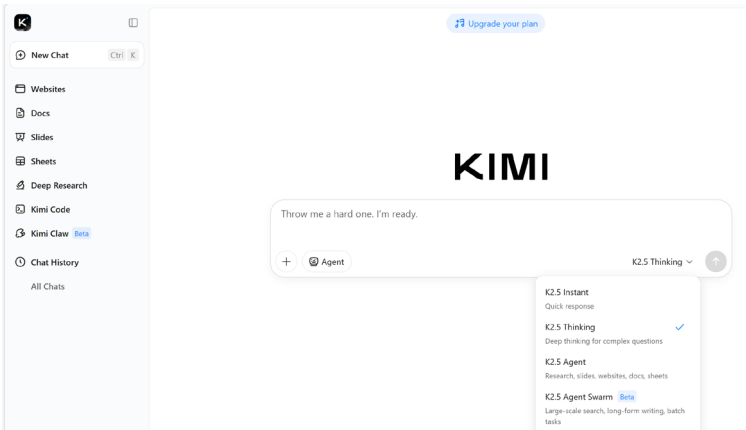
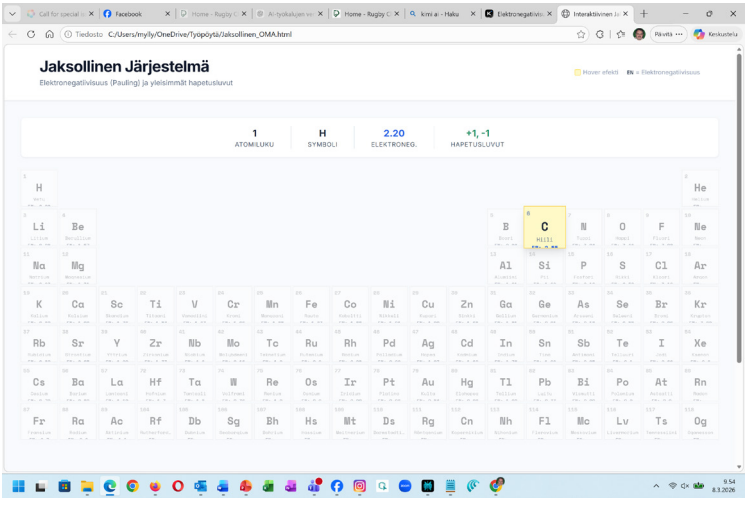
Oppikirjan syöttäminen tekoälyyn mahdollistaa oikean tasoiset vastaukset – jos tekijänoikeudet ja tekoälyn käyttämä tiedostopalvelu sen mahdollistavat. Tietenkin ulkopuolinen tieto voi syventää itse lopputuloksia, mutta saattavat johdattaa myös liian pitkälle asiassa. Tämän vuoksi on tärkeää asioita kysyttäessä käyttää pyynnössä tarkentavia osio, esim. ”lukion oppimäärän mukaan” tai ”sovittamalla vastausta koulukontekstiin”. On tärkeää ohjata tekoäly oikean tiedon lähteelle, jos tästä on epäilystä. Tekoälyn kyky ”hallusinoida” eli tuottaa kysymykseen vastaus keinolla millä hyvänsä voi aiheuttaa väärinkäsityksiä, koska tekoäly ei tosiasiallisesti ”ymmärrä” kirjoittamaansa tekstiä.

## 8 Virtuaaliset laboratoriot ja simulaatiot, omat sovellutukset

Opiskelijat voivat työskennellä virtuaalisissa kemian laboratorioissa, suorittaa simulaatioita ja tehdä virtuaalisia kokeita. Virtuaaliset laboratoriot ja simulaatiot tarjoavat vuorovaikutteisia oppimiskokemuksia, antaen opiskelijoille mahdollisuuden tutkia kemiallisia reaktioita, manipuloida alkuaineita ja havainnoida reaaliaikaisia tuloksia.

Tekoälyä voi pyytää tuottamaan oman työkalun tiettyä tarkoitusta varten, sen sijaan, että käyttäisi aikaa etsiäkseen olemassa olevista sovellutuksista tilanteeseen sopivaa. Esimerkiksi voit tuottaa yksinkertaisen työkalun, vaikkapa ajastimen, kuvanmuuntimen tai laskurin. Opettaja voi myös luoda itselleen arviointiin soveltuvan kysymyssarjan, jota tekoäly hyödyntää oppilaan osaamisen määrittämisessä. Tässä esimerkki oman jaksollinen järjestelmän luomisesta (luotu KIMI-tekoälyllä):

Taulukko 1: Oman työkalun rakentaminen KIMI-tekoälyllä

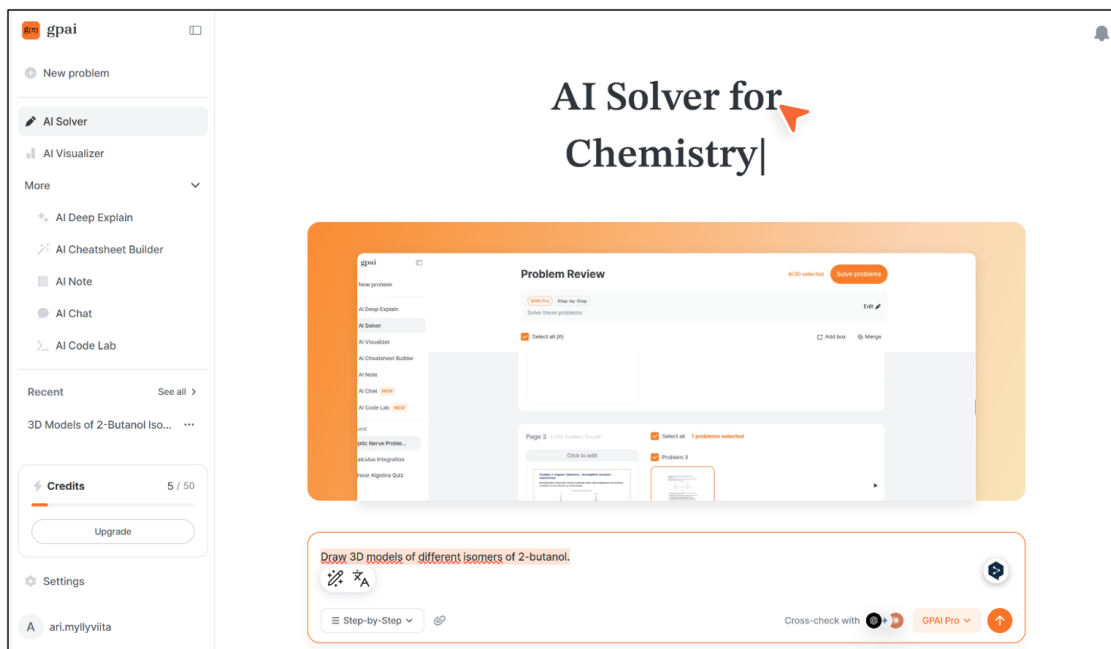
<p>Valitaan KIMI-tekoälyltä K2.5 Thinking moodi</p>	
<p>Annetaan tekoälyllä sopiva promptti (ohje) koodin rakentamiselle. Tärkeää on pyytää rakentamaan yksi HTML-tiedosto. Vie HTML-koodi tekstityökaluun ja tallenna se HTML-päätteisenä tiedostona.</p>	<p>Elektronegatiivisuus ja hapetus taulukko</p> <p>Laadi jaksollinen järjestelmä, jossa on koottuna alkuainetta kuvaavaan ruutuun elektronegatiivisuusarvot ja useimmin kyseisellä alkuaineella esiintyvät hapetusluvut. Rakenna tämä yhteen HTML-tiedostoon. Kun alkuaineruutua lähestyy hiirellä, se värjättyy haalen keltaiseksi, muiden jäädessä taustaltaan valkoiseksi.</p> <pre>HTML &lt;!DOCTYPE html&gt; &lt;html lang="fi"&gt; &lt;head&gt;   &lt;meta charset="UTF-8"&gt;   &lt;meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0"&gt;   &lt;title&gt;Interaktiivinen Jaksollinen Järjestelmä&lt;/title&gt;   &lt;script src="https://cdn.tailwindcss.com"&gt;&lt;/script&gt;   &lt;link href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Inter:wght@300;400;600;700&amp;family=Space+Mono:wght@400;700&amp;display=swap" rel="stylesheet"&gt;   &lt;style&gt;     body {       font-family: 'Inter', sans-serif;</pre>
<p>Avaa tiedosto – se avautuu selaimelle. Vieressä näkymä, jossa hiirellä on osoitettu alkuainetta.</p> <p>Klikkaamalla saa auki ikkunan:</p>	

Edellä olevaa työkalua voi kehittää edelleen antamalla tekoäylle lisämääryksiä ja tarkennuksia.

Tekoäly voi auttaa esimerkiksi kemiallisten alkuaineiden monimutkaisuusien selvittämisessä, niiden ominaisuuksien ennustamisessa. Tekoälyalgoritmit voivat analysoida valtavia määriä kemiallisiin alkuaineisiin liittyvää dataa, mukaan lukien niiden atomirakenteen, ominaisuudet ja käyttäytymisen. Käsittelemällä ja järjestämällä tätä dataa tekoäly voi auttaa tutkijoita ja tiedemiehiä saamaan syvemmän ymmärryksen alkuaineista ja niiden perusominaisuuksista. Tekoäly voi tunnistaa malleja, korrelaatioita ja trendejä, jotka eivät välttämättä ole heti ilmeisiä. Nykyaikaisessa opetuksessa systemaattisen ajattelun mallit (computational thinking) saavat tuekseen tekoälyn kyvyn analysoida erilaisia alkuaineisiin ja yhdisteisiin liittyvää dataa.

## 9 Uusin työkalu: GPAI tai G( $\pi$ )

ChatGPT:n ja usean muun perustekoälytyökalun ongelmana on se, etteivät ne kykene tuottamaan kemian tärkeää kolmiulotteista mallinnusta, 3D-molekyylejä. Avaruusgeometrialla on erityisesti orgaanisessa kemiassa (esim. lääkeainekemia) merkittävä rooli.



Kuva 7: GPAI-etusivu

GPAI-tekoäly kehittyä hurjaa vauhtia, se tuo multimedian käyttäjän ulottuville. Tärkeällä sijalla ovat oikeat kysymykset (promptaus) ja kriittinen asiantuntijuus, mikä varmistaa sen, että saatu informaatio, tulkinnat, graafiset esitykset ovat todellisuudessa paikkansa pitäviä.

Esimerkki GPAI:n käytöstä ja ongelmista oli esillä aiemmin. Kemian kohdalla asiantuntijuus on edelleen tärkeää, jotta selkeät virheet pystyy tunnistamaan. On tärkeää ”opettaa” tekoälyä, koska vain sitä kautta sen vastaukset paranevat. Harmillisesti GPAI on hyvin pienenkin käytön jälkeen maksullinen palvelu.

## 10 Tekoäly ja pedagoginen merkitys

Tekoälyn käyttö ja sen käytön opettaminen oppijoille on opettajalle tärkeä tehtävä. Tekoälyn käytöstä on vielä varsin vähän tutkimusta, mutta esimerkiksi Wang ja Fan (Wang & Fan 2025) omassa meta-analyysissään ehdottavat, että:

1. ChatGPT:tä käytettäessä opiskelijoiden korkeamman tason ajattelun kehittämiseen pitää tarjota asianmukaisia oppimisen tukirakenteita tai pedagogisia viitekehyksiä (esimerkiksi Bloomin taksonomia).
2. ChatGPT:tä pitää hyödyntää laajasti eri koulutusasteilla ja erilaisilla kursseilla, jotta voidaan tukea moninaisia oppimistarpeita.
3. ChatGPT on aktiivisesti integroitava eri oppimismuotoihin oppimisen tehostamiseksi, erityisesti ongelmaperusteiseen oppimiseen.
4. ChatGPT:n jatkuva käyttö pitää varmistaa opiskelijoiden oppimisen tueksi; suositeltu käyttöjakso on 4–8 viikkoa, jotta vaikutukset pysyvät vakaampina.
5. ChatGPT:tä pitää käyttää joustavasti opetuksessa älykkäänä ohjaajana, oppimiskumppanina ja opetustyökaluna.

## Lähteet

King, A. (2025). Thinking with AI. Thinking EdTech,

Wang, J., & Fan, W. (2025). The effect of ChatGPT on students' learning performance, learning perception, and higher-order thinking: Insights from a meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, 621.