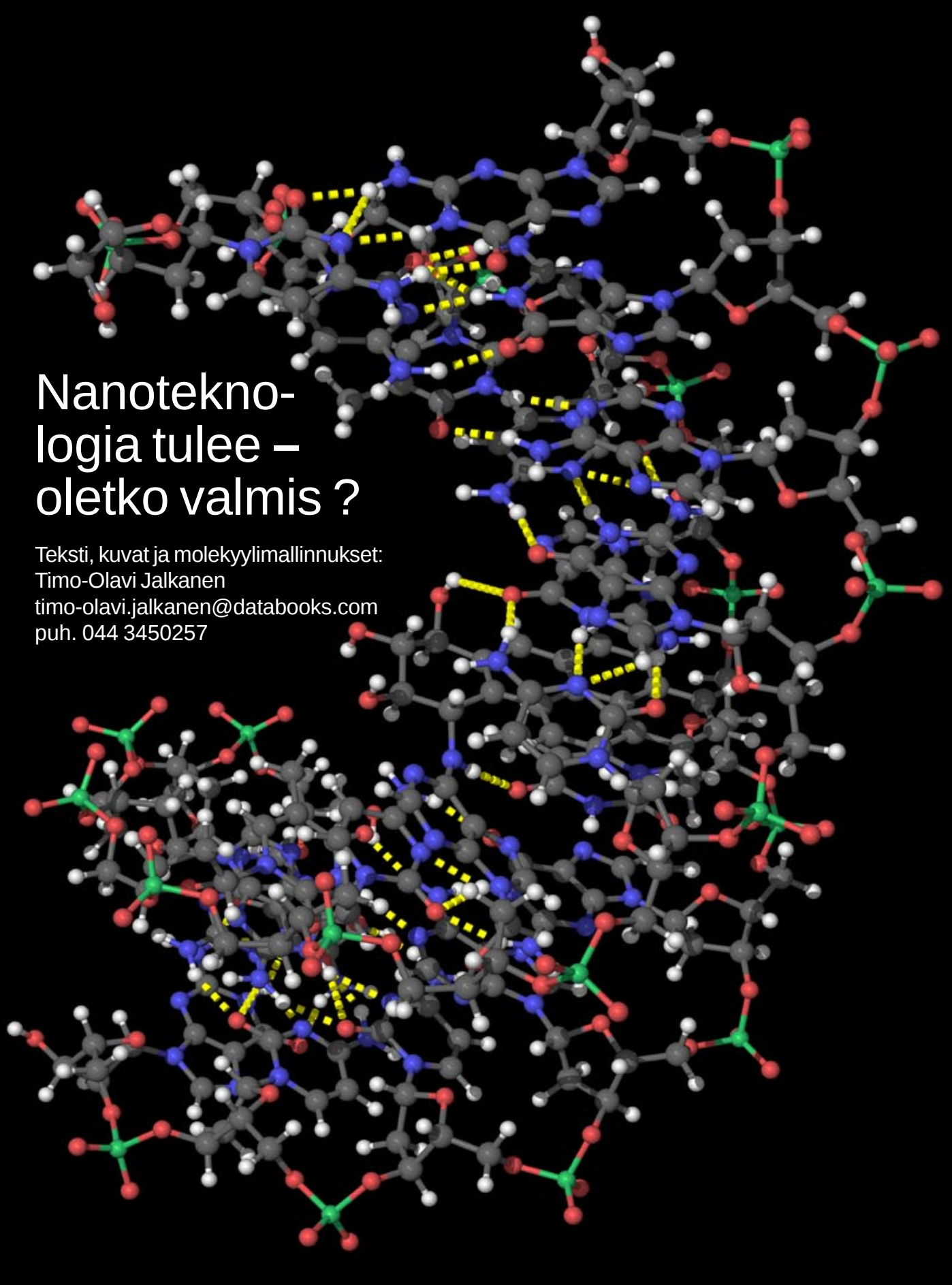




Nanotekno- logia tulee – oletko valmis ?

Teksti, kuvat ja molekyylimallinnukset:
Timo-Olavi Jalkanen
timo-olavi.jalkanen@databooks.com
puh. 044 3450257

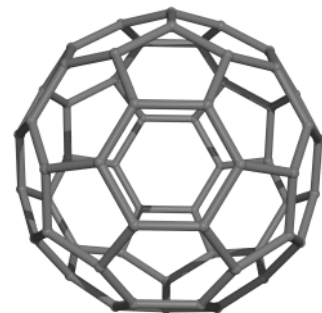
Supertuotteita molekyyli maailmasta ja suuria odotuksia Nanoteknologia tulee - oletko valmis?

Teksti, kuvat ja molekyyllimallinnukset:
Timo-Olavi Jalkanen
timo-olavi.jalkanen@databooks.com

Miltä tuntuisi jos törmäyksen jälkeen auton puskuriin tullut painauma häviäisi muutamassa minuutissa ja naarmuuntunut maalipinta korjaisi itse itsensä – tai jos autossa olisi itsensä puhtaana pitävät ja huurtumattomat ikkunalasit ja peilit. Entäpä jos kodin jäte menisi kaatopaikan sijasta takapihalla sijaitsevaan energia-tuotantoyksikköön, joka muuntaisi sen lämmöksi ja sähköenergiaksi. Sciifiä vai todellisuutta? Tämä artikkelikokonaisuus tarkastelee nanoteknologiaa sekä tällä hetkellä olemassa olevien tuotteiden kautta, että tulevaisuuden visioiden kautta. Varmaa on se, että nanoteknologia tulee vaikuttamaan kaikkialla teollisuuden materiaalitieteissä sekä elämässämme.

Arkkitehti ja visionääri **Buckminster Fuller** kirjoitti vuonna 1963 kirjan *Operating Manual for Spaceship Earth*, jossa hän vertasi maapalloa avaruudessa kulkevaan avaruusalukseen, jonka fossiilisia polttoaineresursseja ei voi täydentää. Hän uskoi teknologian tulevan ratkaisemaan energiaongelman. “Tuottamamme saasteet ovat resursseja joita emme hyödynnä. Annamme saasteiden levitä, koska emme ymmärrä niiden arvoa”, hän sanoi. Tämän päivän innokkaimmat uusiutuvan energian mahdollisuuksiin uskovat löytävät juuri nanoteknologian kentältä.

Utopistinkin pidetty Fuller rakensi myös pyöreitä geodeettisia kupoleita, kertoen niiden rakenteen olevan optimaalisen tilavuuden ja lujuuden suhteen. Vuonna 1985, kaksi vuotta hänen kuolemansa jälkeen, löydettiin uusi hiilen allotrooppinen muoto, pyöreä kuudestakymmenestä hiiliatomista muodostuva äärimmäisen luja molekyyli C₆₀. Utopisti oli osunut oikeaan. Nobelin kemian palkinnon saaneet tutkijat nimesivät löydön Buckminsterfullereeniksi. Nyt erityyppiset fullereenit sekä niiden hiiliinanoputkiversiot ovat eräitä nanoteknologian perusrakennusmateriaaleja.



Buckminster Fuller rakensi ensimmäisen kupolinsa vuonna 1949, kehuen itsekantavaa pallorakennetta erinomaisen kestäväksi. Pallomainen, 60 hiiliatomista muodostuva äärimmäisen luja molekyyli löydettiin vuonna 1985. Uusi hiilen isotrooppinen muoto sai nimen Buckminsterfullereeni



Nanoteknologiaseminaarissa Kokkolassa. Professori Ulla Lassi hoitaa Kokkolan seudun kemian yritysten lahjoitusprofessuuria.

Teoreettisen fysiikan professori, Nobel palkittu **Richard P. Feynman** piti vuonna 1959 luennon *There's Plenty of Room at the Bottom*, jolla hän viittasi loputtomiin kehitysmahdollisuuksiin jos voitaisiin syntetisoida mitä tahansa kemiallista ainetta, niin että kappaleita voitaisiin rakentaa atomi atomilta ja molekyyli molekyyliltä – maailmassa jota ei voitu nähdä. Feynman oli hyvin vaikuttunut biologisten järjestelmien kyvyistä tuottaa eri aineita. Hän esitti myös sen, että pienessä mittakaavassa aineet käyttäytyvät kvanttimekaniikan lakien mukaan täysin eri tavalla kuin suuressa mittakaavassa. Hän visioi nanoteknologian tulevaisuuden.

Nanoteknologiaseminaari yrityksille

Kun professori **Ulla Lassi** pitää alkukevällä 2007 kolmipäiväisen *Introduction to Nano* -seminaarin avausluennon Kokkolan Yliopistokeskuksessa, on kulunut lähes puoli vuosisataa Fullerin ja Feynmanin visioista, atomitasolle voidaan nyt jotenkuten nähdä uusilla tutkimuslaitteilla ja nanoteknologia on noussut omaksi alueekseen. Lassi työskentelee Oulun Yliopiston soveltavan kemian professorina Kokkolassa, seudun kemian yritysten lahjoitusprofessorissa. Kokkolan ympärillä on pohjoismaiden suurin epäorgaanisen kemian keskittymä.

- Tämä on valtakunnallinen seminaari jossa nanoteknologiaa lähestytään monesta näkökulmasta. Se tuo osallistujille sekä osaamista että verkostoitumista. Täällä luodaan Suomeen uusia mahdollisuuksia. Esimerkiksi kemian teollisuudessa pelkällä bulkkikemikaalien tuottamisella emme Suomessa ole kilpailukykyisiä. Nanoteknologian avulla syntyy uusia kilpailukykyisiä tuotteita, Ulla Lassi kertoo vuosikymmenen kokemuksella nanokoon katalyyteistä.

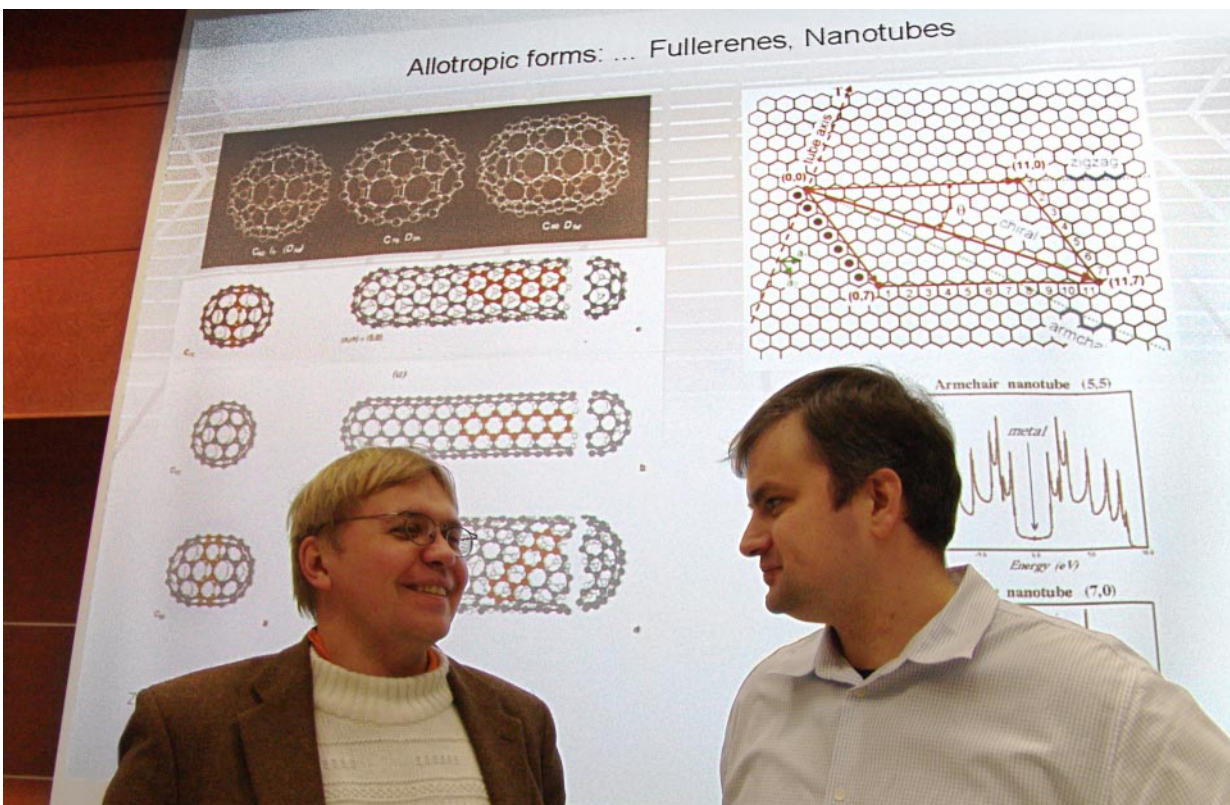
Kolmen päivän aikana kymmenkunta luennoitsijaa esittelevät eri nanoteknologian alueita. Heistä Oulun yliopiston tutkijatohtori **Krisztián Kordás** käsittelee mm. fullereeneja ja hiilinanoputkia. Hänen mielestään nanoteknologia tuo ja on jo tuonut tuotteita myös kuluttajatasolle.

- Kvanttipistelaserit, kvantin spin-tasojä hyödyntävät spintronics -kiintolevyjen lukupäät, uudet pinnoitteet ja hiilinanoputkilla vahvistetut komposiitit ovat nopeasti löytäneet tiensä markkinoille. Hyvin tehokkaat aurinkopaneelit ja energiaa varastoivat laitteet ovat tulossa. Tutkijat osoittavat sen, että uusia sovelluksia voidaan tehdä, mutta tutkimustyön nopea jalostaminen tuotteeksi riippuu yrityksistä, Kordás toteaa.

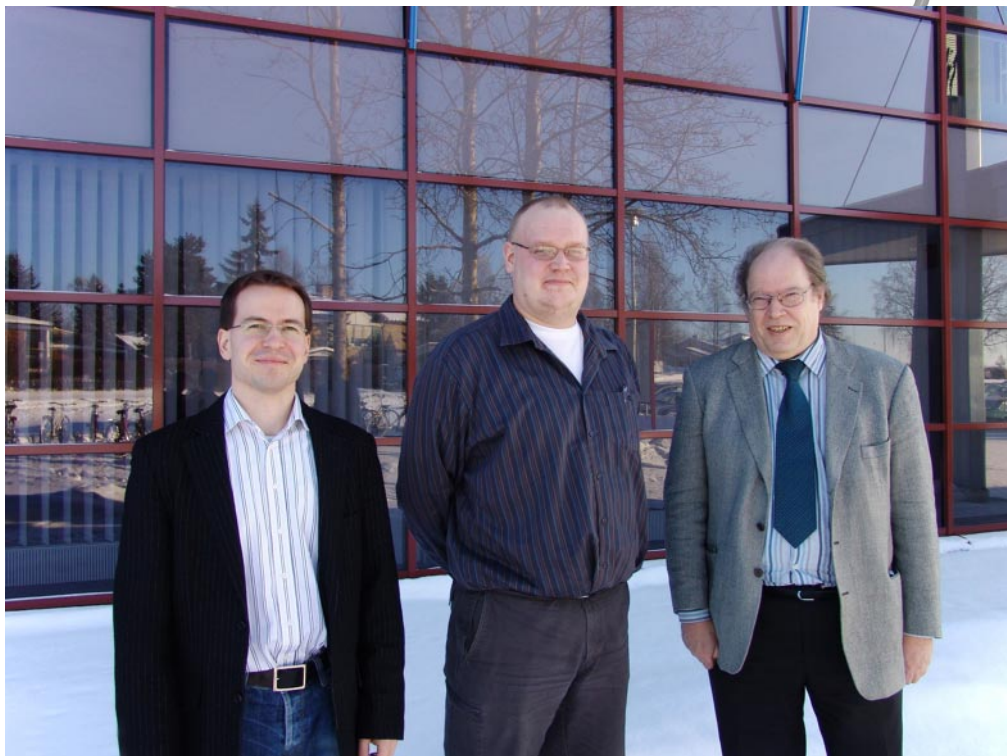
Åbo Akademin palkittu tohtori, dosentti **Jyri-Pekka Mikkola** esittelee seminaarissa nanokatalyyysiä. Hän nostaa esille nanoteknologian myös vihreänä teknologiana.

- Ympäristöteknologiassa käytettävät päästöjä eliminoivat katalyyttiset konverterit suunnitellaan jo nyt nanokoossa. Tulevaisuudessa öljyn rinnalle tulee hiilen nesteytys ja uusiutuvan biomassan tuottaminen globaalissa määrässä nanoteknologian avulla. Suomi pystyy joskus luopumaan fossiilisista polttoaineista ja siirtymään bioenergiaan mikäli poliittista tahtoa riittää, Mikkola heittää.

Molemmat tutkijat uskovat, että nanoteknologialla on uusien konkreettisten tuotteiden kehittämisen lisäksi, potentiaalia luoda parempi, puhtaampi ja resurssseja säästävämpi maailma.



Luennoitsijoita. Tohtorit Jyri-Pekka Mikkola Åbo Akademista ja Krisztián Kordás Oulun yliopistosta, taustallaan fullereenien ja nanoputkien molekyylien rakennemalleja.



Ulkona on hyttävän kylmä, mutta nanoteknologia pitää kuumana. Kokkolan seminaariin osallistujia eri yrityksistä: Sami Myllymäki, Aki Juntunen ja Heikki Lyytikäinen.

Yritykset opiskelevat nanoteknologiaa

Nanoteknologia yhdistää eri alojen ihmisiä, jolloin poikkitieteellisyys on konkreettista. Yli sata teollisuuden ja yliopistomaailman kuulijaa ympäri Suomea osallistui Kokkolan seminaariin. Jokaisella osallistujasta oli kiinnostus omiin sovellusalueisiinsa. Silti asioita opittiin yhdessä ja verkostoitumiselle oli hyvä tilaisuus.

Sami Myllymäki OMG Kokkola Chemicalsilta luennoi nanopartikkelien valmistuksesta. Yhtiö on maailman johtavia koboltituotteiden jalostajia.

- Tulevaisuuden potentiaalisina nanoteknologia-sovelluksina näemme erityisesti uuden sukupolven paristoteknologian ja kovametallipinnoituksen, Myllymäki toteaa.

Aki Juntunen TEKeltä soveltaa nanoteknologiaa teollisuuden pinnoitteissa ja hän etsii asiakkailleen seminaarista parannusideoita nykytuotteiden ominaisuuksiin.

- Nanoteknologia ei ole yrityksellemme itseisarvo, mutta se voi tuoda tuotteisiimme lisäarvoa. Kehitystyömme on kokeilevaa ja vertailevaa. Pinnoitteilta vaaditaan ominaisuuksia joustavuudesta, kestävydestä ja likaahylkivyydestä aina antibakteerisuuteen, hän kertoo.

Heikki Lyytikäinen Bayer Schering Farma Oy:stä edustaa lääketieteen yritystä joka haluaa seurata nanoteknologian soveltamismahdollisuuksia lääketieteessä.

- Nyt meidän erityiskiinnostuksen kohde on lääkkeiden pitkäaikainen, tasainen vapauttaminen elimistöön polymeeripohjaisten valmisteiden avulla, sanoo Lyytikäinen.

Nanoa, vaiko myös hypeä

Sukupolvi toisensa jälkeen eri vuosikymmeninä on nostonut esiin tieteen aloja, joista on kohistu, ja joiden on nopeasti odotettu tuovan mullistavia muutoksia. Esimerkiksi usko tietotekniikan, biotekniikan ja geenitekniikan mahdollisuuksiin on vuorollaan muutamassa vuodessa noussut pilviin.

Kuitenkin todellisten sovellusten esiinmarssi on ollut vuosikymmeniä pitkän puurtamisen tulos. Nano on tämän päivän sana, jonka ympärillä kohistaan ja jonka varjolla markkinoidaan erilaisia tuotteita - myös ilman katetta. Mitä enemmän nanoteknologiaa tunnetaan, sitä enemmän se nähdään monelle eri tieteele yhteisenä rajapintana, jonka kautta eri alojen ihmiset kohtaavat toisensa.

Tämä artikkelikokonaisuus avaa ja popularisoi nanoteknologiaa monelta suunnalta, eri tieteitä yhdistäen.

Mitä nanoteknologia on ?

“Nano” tulee kreikankielen kääpiötä merkitsevästä sanasta ”nanos”. Yksi nanometri on metrin miljardisosa ja millimetrin miljoonasosa. Nanoteknologiassa käsitellään asioita ja tapahtumia hiukkasille, joiden koko on alle 100 nanometriä. Tällöin lähestytään molekyylien kokoluokkaa.

Nanoteknologiasta on syntynyt yleisnimitys, joka pitää sisällään useita teknologian osa-alueita. Siinä poikkitieteellisyys konkretisoituu ja perinteiset luonnontieteiden aluerajat häviävät. Nanoteknologia voidaankin nähdä kaikkien luonnontieteiden sulatusuunina. Kemistit, fyysikot, biologit, geenitutkijat ja lääkärit kohtaavat teollisuuden insinöörit ja käytännön sovellusten tarvitsijat.

Nanokoossa aineiden fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet muuttuvat suuresti. Tähän perustuu mahdollisuus luoda nanoteknologian avulla uudella tavalla käyttäytyviä materiaaleja.

Nanokoon teknologiaa on käytetty ennenkin

Termi nanoteknologia sivuaa alueita, joita on tutkittu ja hyödynnetty jo vuosikymmeniä. Eri luonnontieteissä nanokoon tapahtumia on toki seurattu jo vuosisatoja. Suurin osa öljynjalostuksesta sekä bulkkikemikaalien puhdistuksesta ja valmistuksesta on hoidettu nanokoon partikkeleita sisältävillä katalysaattoreilla vuosikymmenien ajan. Nanokoon partikkelit muuttuvat aktiivisiksi ja niitä hyödyntävissä katalysaattoreissa ne käynnistävät kemiallisia reaktioita. Nanopartikkelit eivät itse juurikaan kulu katalyyttisissä prosesseissa.

“nanoteknologia on luonnontieteiden sulatusuuni”

Elektroniikkapiirin valmistuksessa on jo kauan tuotettu nanometrikoluokan rakenteita, vaikka nanoteknologiasta ei puhutakaan. Mikropiirit valmistetaan litografialla totutettujen maskien läpi syövyttämällä, sekä johtavia, eristäviä ja puolijohtavia kerroksia maskien läpi höyrystämällä kasvattamalla.

Uusimmat mikroprosessorit valmistetaan 65 nm viivanleveydellä ja valmistustekniikalla. Yhden transistorin halkaisijan alueella on tällöin vain 100 atomia. Ohjausporttien paksuudet, joilla kytkintransistorien tiloja vaihdetaan päälle tai pois ovat noin 1,2 nm. Vain muutaman atomin kerros eristää tällöin transistorin ohjauselementin kytkinelementistä.

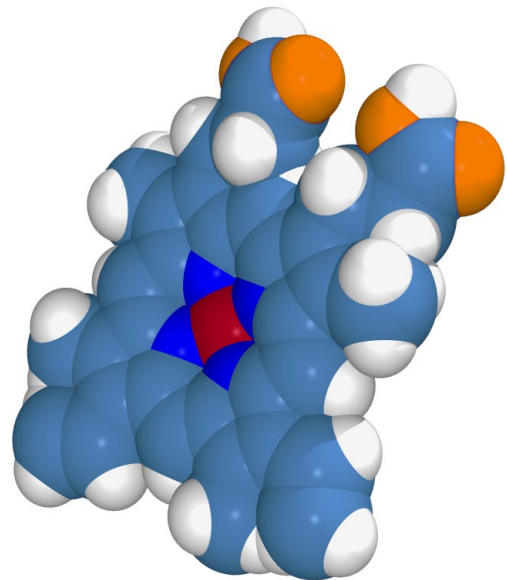
Vuosikymmeniä käytetyt polymeerit muodostavat myös nanokokoluokan struktuureja. Polymerisointiprosessit ovat hyvin tunnettuja ja laajalti teollisuuden käyttämiä. Nanokoossa on siis toimittu jo kauan.

Nanokoon hahmottamista auttavia esimerkkejä:

1 mm on tuhat mikrometriä ja miljoona nanometriä.

- 100 000 nm, aikakauslehdteen sivun paksuus
- 80 000 nm, ihmisen hiuksen halkaisija
- 2500 nm, punasolu
- 1000 nm, bakteeri
- 100 nm, virus.
- 2 nm, DNA –kaksoiskierrteen halkaisija
- 0.1 - 0.7 nm, atomin halkaisija

Nanopartikkeliksi luetaan partikkeli, jossa vähintään yhden sivun mitta on alle 100 nm.



Hemoglobiinin happea kuljettavasta osasta hemi. Molekyyli mallinnus näyttää kaikki sen atomit pallopintoina. Koko hemin halkaisija on noin yksi nanometri. Keskellä punaisena näkyy hemin ainoa rauta-atomi, johon happimolekyyli kiinnittyy.

Onko hemi ja sen hapensiirtokyky kemialla, fysiikalla vai biologialla? Kyseessä on nanokoossa tapahtuva ilmiö, jota ilman punasolumme, jossa hemoglobiini ja hemi sijaitsevat, eivät kykenisi siirtämään kehoomme happea hengittäessämme. Nanoteknologian kannalta hemiä ei tarvitse luokitella muuhun luonnontieteen osa-alueeseen.

Nanokoon ilmiötä

Materiaalin ominaisuudet muuttuvat täysin kun aine muodostuu nanometrikokoluokan partikkeleista. Silloin partikkeleiden pinta-ala tilavuuteen ja massaan nähden on erittäin suuri, joka aikaansaa aineen fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten ominaisuuksien radikaalin muutoksen.

Jos otetaan 50 kg kvartsia yhtenä kuutiona, sen sivun pituus on 27 cm ja kappaleen pinta-ala on 0.44 m². Jos sama massa muodostuu 1 mm kuutioista, pinta-ala on jo 120 m². Liukenemisaika veteen on tällöin kymmeniä miljoonia vuosia. Mutta muodostuessaan 1 nanometrin kuutioista, pinta-ala on 12 000 m² ja koko massan liukenemisaika veteen on vain sekunteja.

Myös passiiviseksi tuntemamme kulta muuttuu erittäin aktiiviseksi katalyytiksi nanokoossa. Materiaalien perinteisesti tuntemamme ominaisuuden ovatkin nanokoossa aivan toisin.

Nanokokoluokan materiaaleja voidaan tuottaa yhdensuuntaisina kerroksina, kuten ohutkalvot, kahdensuuntaisina, kuten hiilinanoputket tai kolmensuuntaisina, kuten nanopartikkelit ja nanokristallimateriaalit.

“myös passiiviseksi mielletty kulta on nanokoon partikkeleina erittäin aktiivista”

Nanoteknologian sovelluksia

Likaa hylkivät ja itsepuhdistuvat pinnat

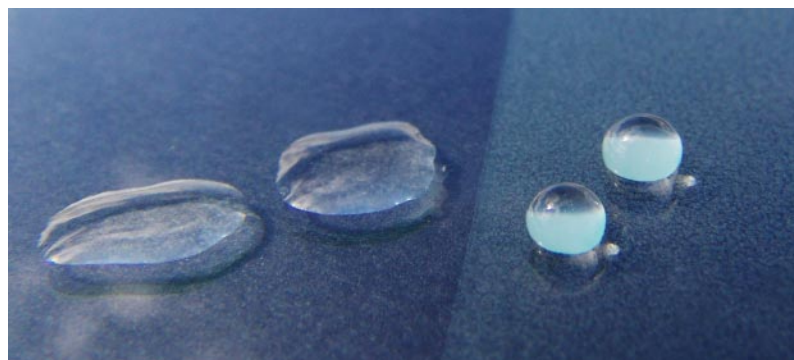
Lotus kukan lehden vettä ja likaa hylkivä ominaisuus on tunnettu läpi historian. Mutaisissa joissa kasvavan kukan lehteen lika ei tartu. Vasta uusilla nanokokoluokan yksityiskohtia näyttävillä mikroskoopeilla todettiin, että lehden pinnassa on 15 mikrometrin vahakiteistä muodostuva mikrostruktuuri, jossa on edelleen 100 nm nanostruktuuri. Yhdessä nämä tekevät lotus kukasta itsepuhdistuvan. Vesipisarat liukumisen sijasta pyörivät pinnalla jolloin lika tarttuu pisaraan. Pisan kontaktipinta-ala alustaan on vain luokkaa 2% koko pisan pinta-alasta ja pisarat ovat lähes täysin pallon muotoisia. Ilmiön nimi on hydrofobisuus eli vesipakaisuus.

Ilmiötä jäljitteleviä pinnoitteita on kehitetty eri tarkoituksiin. Likaa hylkiviin kankaisiin eivät pisarat imeydy, sillä käsitelty kangas aikaansaa lotus –ilmiön. Erityyppisillä likaa ja vettä hylkivillä pinnoitteilla voidaan suojata kriittisissä paikoissa olevia rakenteita veden tunkeutumiselta. Käyttökohteita ovat myös ruiskupuristusmuottien käsittely, jolla ehkäistään valoksen tarttumista muottiin.

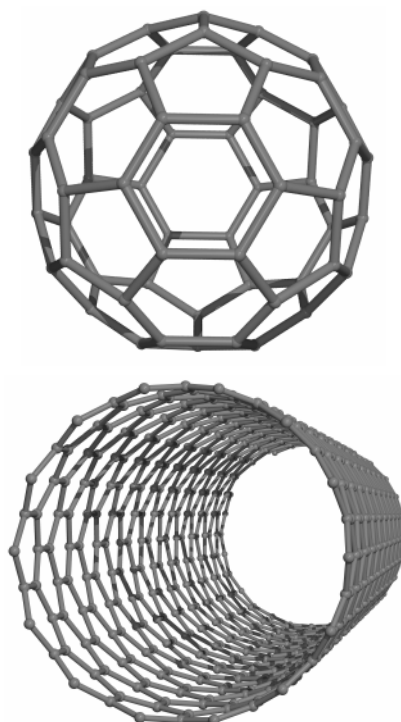
Hiilinanoputket ja komposiitit

Pallomaisen hiilen, fullereenin jälkeen löydettiin erittäin lujat hiilinanoputket. Hiilinanoputkia ei pidä sekoittaa yleisesti massatuotteissa käytössä olevaan hiilikuituun, jota valmistetaan teollisuuskuituja korkeassa kuumuudessa hiiliketjuiksi prosessoimalla. Teräkseen verrattuna hiilikuitu on 10 kertaa lujempaa, hiilinanoputket 100 kertaa lujempia. Perinteisiä hiilikuituja käytetään esimerkiksi vahvistamaan komposiittisauvoja ja -maloja.

Komposiitit nimensä mukaisesti muodostuvat useasta aineesta (compose), jotka eivät kuitenkaan sulaudu toisiinsa. Toinen tuo lujuutta, toinen sitoo lujuutta tuovan materiaalin, antaa kappaleelle muodon ja jakaa rasitusvoimia. Oljista ja savesta tehty tiili on ikivanha esimerkki. Lasikuidussa on lasikuitua ja epoksihartsia. hiilikuitukomposiitin lujuutta tuova osa on hiilikuitu.



Normaalisti pisarat leviävät lasilevyllä. Samallalevyllä oikealla on suomalaisen Amroy:n pinnoitteella tehty ohut superhydrofobinen kalvo, joka aikaansaa vesipakaisuuden, jolloin sama määrä vettä muodostaapyyöreitä palloja.



Pallomaisen fullereenin lisäksi hiiliatomit voivat muodostaa sylinterimäisiä halkaisijaltaan 2 - 50 nanometrin hiilinanoputkia. Hiilinanoputket ovat 100 kertaa terästä lujempia ja niitä käytetään mm. “nanokomposiittien” lujitteena.

Hiilinanoputkia voidaan käyttää ”nanokomposiittien” lujitteena. Halkaisijaltaan alle 10 nanometrin ja pituudeltaan millimetrin luokassa olevia hiilinanoputkia voidaan lisätä epokseihin. Suomalainen Amroy tuottaa tällä tavalla toteutettua epoksihartsia, jota on käytetty mm. Tanskan suurimpien tuulivoimalaitosten, halkaisijaltaan 130 metristen siipilapojen sideaineena. Hybtonite nimellä toimitettavaa epoksihartsia käytetään myös kalliimmissa kilpasuksissa, -sauvoissa, -mailloissa ja veneiden rungoissa.

Amroyn tärkein osaaminen on hiilinanopukien modifioimisessa, jolloin ne saadaan sitoutumaan lujasti hartsiin. Käyttökohteet laajenevat koko ajan hiilinanoputkien hinnan halvetessa. Raakamateriaali maksoi vielä muutamia vuosia sitten 1000 euroa gramma. Nyt hiilinanoputkien massatuotanto on käynnistynyt ympäri maailmaa ja hinta on pudonnut murto-osaan.

Itsekorjautuvat ja muotonsa muistavat materiaalit

Polymeerit ovat aineita jotka muodostuvat yksittäisistä monomeereistä, jotka ovat liittyneet toisiinsa muodostaen toistuvan nanokoon rakenteen (kreikan polys=monta, meros = osaa). Polymerisaatiossa monomeerit kiinnittyvät toisiinsa pitkiksi ketjuiksi. Muovit ja DNA voidaan lukea polymeereihin.

On kehitetty erilaisia materiaaleja, joissa osa aineen sisäisistä sidoksista irtoaa voiman ylitettyä kriittisen rajan. Aine ei kuitenkaan murru, vaan voiman hävittyä sidokset syntyvät uudelleen jolloin kappale palaa alkuperäiseen muotoonsa polymeerimuistin ansiosta. Tulevaisuuden käyttökohteina tällaisille materiaaleille voidaan nähdä autojen puskurit, kannettavat laitteet ja pinnoitteet jotka kestävät iskuja murtumatta.

Nanoteknologian turvallisuus

Kun ihmisen luomia nanokoon partikkeleita käytetään erilaisissa tuotteissa törmätään turvallisuusnäkökohtaan. Elinympäristöön levinneiden nanopartikkelien aktiivisuus on arvaamaton turvallisuusriski. Nanokoon partikkelit voivat kulkeutua vapaasti biologisiin organismeihin ja aktivoitua niiden sisällä missä tahansa paikassa aiheuttaen arvaamattomia reaktioita - vaikkakin nanopartikkelit pyrkivät usein vapaana klusteroitumaan, muodostaen suurempia hiukkasia. Potentiaalisten terveyshaittojen tutkimus on kuitenkin tärkeää. Tilannetta on verrattu asbestin vaarallisuuteen, joka ymmärrettiin vasta vuosikymmenien asbestituotteiden massakäytön jälkeen

Maailmalla markkinoilla on nanokoon titaanidioksidia sisältäviä aurinkovoiteita ja huulipunia. EU ei niitä kuitenkaan salli, koska nanokoon partikkelien terveysvaikutuksia varsinkin suorassa kosketuksessa ihmiskehoon -ei ole kunnolla tutkittu. Nanokoon partikkelit voivat aiheuttaa arvaamattomia välittömiä tai hitaasti syntyviä terveyshaittoja.

Kuvasarjassa runneltu kappale palaa alkuperäiseen muotoonsa polymeerimuistin ansiosta. Suomessa kehitetystä TEKE Hybridi -materiaalista valmistetussa valoksessa nanokoon molekyylirakenteiden sidosvoimat vetävät kappaleen takaisin muotoon johon se alunperin kiinteyi.



Tutkimusta ja tuotteita

Koska nanoteknologian piiriin luetaan useita tieteiden ja teknologioiden alueita, on uusiin nanoteknologian sovelluksiin tähtääviä tutkimustoimintaa myös hyvin runsaasti meneillään. Matka nanoteknologian tieteellisestä tutkimuksesta, soveltavaan tutkimukseen ja edelleen sitä hyödyntäviä tuotteita valmistavaksi liiketoiminnaksi on kuitenkin usein pitkä. Laboratorio-olosuhteissa lupaavasti toimivat tuotteet eivät aina toimi reaaliympäristön olosuhteissa toivotulla tavalla.

Uusia jo markkinoille ehtineitä tai sinne tulossa olevia lopputuotteita on silti jo runsaasti eri alueille. Nanoteknologiatutkimuksen kautta markkinoille on tullut lasereita, kaasui-, bio- ym. antureita, diffraktiivista optiikkaa käyttäviä laitteita, pinnoitteita, titaanidioksidikalvoa käyttäviä itsepuhdistuvia ikkunoita, höyryyntymättömiä pintoja, uudenlaisia katalysaattoreita, kaasujen ja nesteiden puhdistusjärjestelmiä, jne.

Luonnosta ymmärrystä nanokoon ilmiöihin

Hämähäkin seitti on itsekorjautuva nanokomposiitti

Hämähäkin seitti on nanokoon komposiittia, jossa sidosaineena on biopolymeeria ja vahvikkeena nanokoon kidepartikkeleita. Hämähäkki tuottaa saalistusta varten erittäin venyvää ja kiipeilyä varten vähän venyvää seittiä. Vain spiraalina kiertävässä langassa on liima-ainetta, säteittäisissä langoissa ei. Niitä hämähäkki käyttää kulkemiseen.

Verkon kyky pysäyttää painava, lentävä hyönteinen murtumatta perustuu molekyyllisidoksiin, jotka ennen koko materiaalin rikkoutumista irtoavat toisistaan mahdollistaen seitin jouston ja muodonmuutoksen. Kun seittiä kuormittava voima häviää, irronneet kemialliset sidokset itsekorjautuvat alkuperäiseen tilaansa ja verkko palaa muotoonsa.

Vaikka ihmisen kehittämistä kuiduista Kevlarilla ja hiilikuitudulla on suurempi vetolujuus kuin hämähäkin seitillä vastaavassa paksuudessa, voittaa seitti ihmisen tekemät kuidut katkeamiseen tarvittavassa kineettisessä kokonaisenergiassa. On laskeskeltu, että lyijykynän paksuisesta hämähäkinseitistä punottu verkko kykenisi pysäyttämään lentävän Jumbojetin. Painoonsa verrattuna seitti on viisi kertaa lujempaa kuin teräs. Maapallon ympäri yltävä seitin säie painaisi vain satoja grammoja.

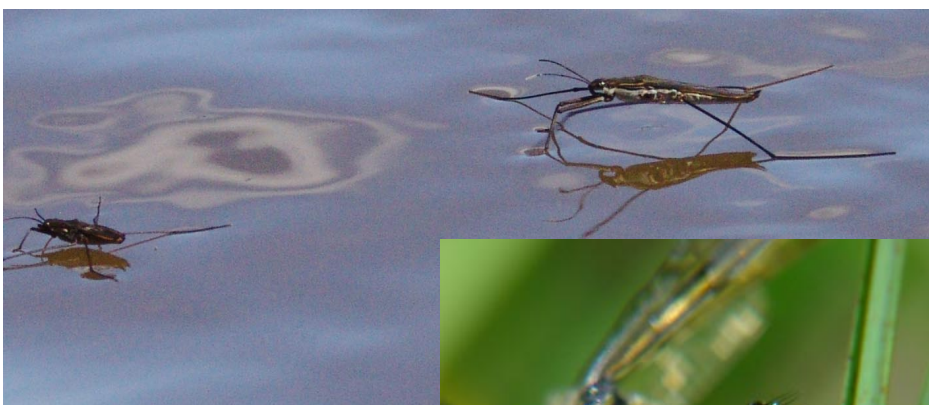
Nanourituksella vettähyllivityttä

Vesimittareilla – joita virheellisesti kuulee kutsuttavan vesikirpuiksi – on vettä hylkivät jalat. Ne muodostuvat mikrokokoista piikeistä joissa on nanokokoisia uria. Yksi jalka kykenee kannattelemaan hyönteisen painon 15 kertaisesti. Tämän ansiosta se pystyy liikkumaan veden pinnalla jopa 1,5 m/s nopeudella.

Perhosten ja hyönteisten siivistä löytyy myös nanostruktuureja. Tämän ansiosta vesi ja pöly eivät niihin tartu. Perhosten värikkyyys johtuu usein siiven pinnassa olevan säännöllisen nanostruktuurin aikaansaamista heijastusspektrin muutoksista, ei vain väripigmentistä.

“lyijykynän
paksuinen
hämähäkinseitti
pysäyttäisi
Jumbojetin”

Nanoteknologiaa
aamukasteessa.
Hämähäkin seitti
on nanokomposiittia.



Nanostruktuurit aikaansaavat
vettähyllivityttä vesimittareiden
jaloissa sekä hyönteisten siivissä.



Biologiset organismit täynnä nanokoneita

Biologisten organismien kyky tuottaa paitsi mitä erilaisimpia aineita, myös niiden kyky tuottaa fysikaalisia ilmiöitä on moninainen. Sähköankeriaalla on tuhansien peräkkäisten solujen pino lihassolun tyyppisiä ”bioparistoja”, joiden elektrolyysiä samanaikaisesti ohjaamalla se tuottaa satojen hertsin taajuisia vaihtojännitepurkauksia yli 500 voltin ja yli 500 watin teholla, tutkimusten mukaan tarvittaessa tuntejakin väsymättä. Tätä sähköankerias käyttää lamaannuttaessaan saaliinsa ja puolustaessaan itseään. Ilmiön pohjalta tehdään tutkimustyötä myrkyttömän ”biopatterin” kehittämiseksi

Kiiltomadot, useat kalat ja suurin osa syvänmeren eliöistä tuottavat bioluminesenssiksi kutsuttua valoa erityyppisin kemiallisin ja biologisin keinoin. Tutkimustyötä ilmiön hyödyntämisessä valaistuksessa tehdään.

Biologiset prosessit tuottavat eri aineita ekologisesti, huoneenlämpötilassa, synnyttämättä saasteita. Eräs luonnollinen suunta lähestyä nanoteknologiaa on biokemian ja biologisten toimintayksiköiden kautta.

DNAsta nanotuotannon toiminta-alusta?

Tekniikka, jossa kolmiulotteisia kappaleita luodaan tietokoneruudulla 3D -ohjelmalla, jonka jälkeen ne ”tulostetaan” sintraamalla muovipölyä yhteen, laserilla kuumentaen, on ollut vuosia vakiokäytössä. Lopputuloksena syntyy vapaamuotoisia kappaleita, jossa voi olla vaikka sisäkkäin liikkuvia osia. Kappaleen rakennetieto voidaan varastoida tietokoneelle, jolloin, uusi täysin identtinen kappale on valmistettavissa myöhemmin.

Biologian suunnalta nanoteknologiaa lähestyvät tutkijat ehdottavat nanotuotantokoneiden toiminta-alustaksi DNA -kaksoiskierrettä, joka ohjaisi nanorakenteiden valmistumista ja eri aineiden synteesiä.

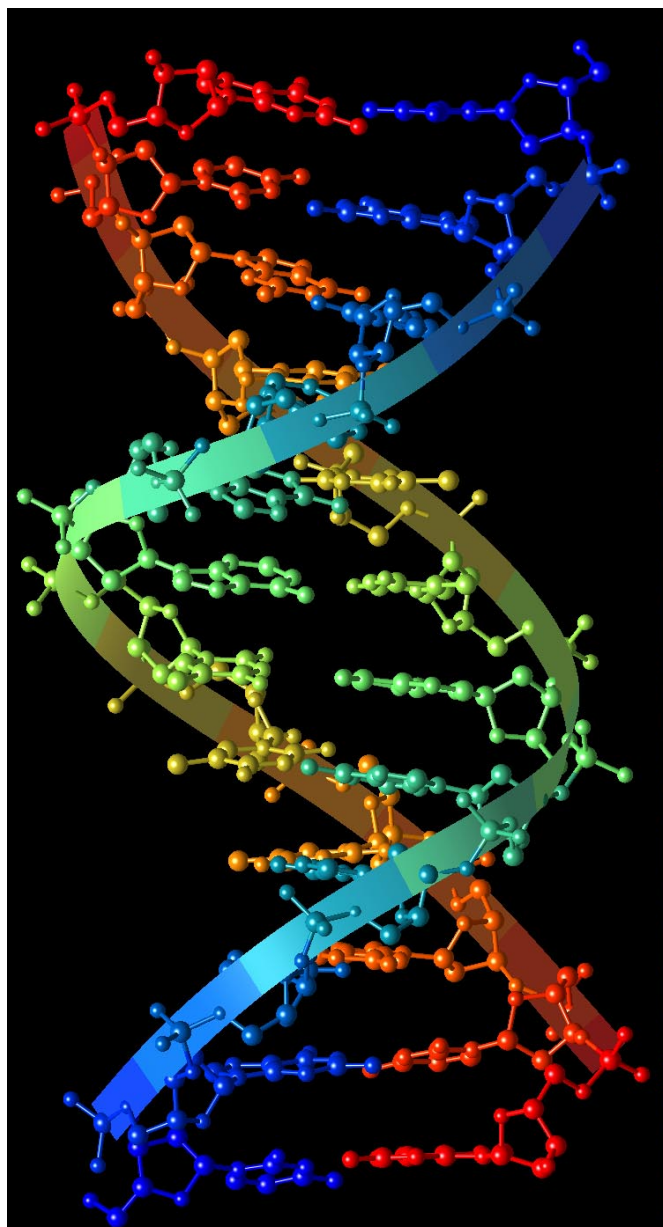
DNA eli deoksiribonukleiinihappo on kahdesta yhteenkiertyneestä parista muodostuva itsejärjestäytyvä makromolekyyli, joka sisältää geneettiset ohjeet elävien organismien kehitykselle ja toiminnalle. Päärooli DNA:lla on toimia pitkäaikaisena tietovarastona biologisten komponenttien, kuten solujen, proteiinien ja RNA molekyylien tuottamisessa ja synteesin ohjaamisessa. Koska DNA on kaksoiskierre jossa vain komplementääriparit yhteenliittyvät, voidaan se nähdä myös kahdennettuna, itsensä varmuuskopioivana tietovarastona, jossa toiseen puoliskoon syntynyt virhe voidaan korjata vastakkaisen puoliskon vastakopion perusteella. DNA käyttää kopioituessaan tietotekniikasta tutun pariteettitarkistuksen kaltaista ominaisuutta.

Luonnossa on hyvin toimivia nanokoneista koostuvista organismeja, jotka kykenevät syntetisoimaan loputtoman määrän erilaisia aineita ja rakenteita. Koska otamme DNA -rakenteen teollisuuskäyttöön jää nähtäväksi. Varmaa on kuitenkin se, että miljoonien vuosien evoluution aikana syntynyt DNA on osoittanut toimivuutensa maapallolla.

“DNA:ssa on itsensä varmuuskopio”



Tulevaisuuden nanokoneen ohjauskoodi DNA -kaksoiskierteessä?



Katalyyysi on koeteltua nanoteknologiaa

Katalyyysi on toiminnallista nanoteknologiaa jota prosessiteollisuus käyttää laajasti. Nanokoon partikkeleiden läsnäolo aikaansaa kemiallisia reaktioita. Katalysaattoreilla raaka-aineista luodaan uusia aineita monessa eri vaiheissa.

Katalyyysin löytäjänä pidetään ruotsalaista **Jöns Jacob Berzeliusta**, joka vuonna 1835 julkaisi tieteellisen

yhteenvedon, jossa hän kuvasi useita kemiallisia reaktioita jotka aiheutuivat lisätyn aineen johdosta, mutta niin, että tuo lisätty aine ei muuttunut tai kulunut. Tämä loi ajatuksen tapahtumasta jolle hän antoi nimen katalyyysi. Öljynjalostuksessa polttoaineiksi ja muovituotteiksi, sekä kemikaalien ja lääkeaineiden tuotannossa katalyyysi on ollut tärkein perusmenetelmä vuosikymmenet.

Suomen suurin kemian konferenssi Turussa keskittyi katalyyysiin

Professorit Dmitry Murzin ja Tapio Salmi Åbo Akademista Turun messu- ja kongressikeskuksen edessä seuraamassa suomen suurimman kemian konferenssin etenemistä.



Turun messu- ja kongressikeskuksessa järjestettiin vuonna 2007 elokuun lopussa viikon kestänyt, suurin Suomessa koskaan järjestetty kemian konferenssi EUROPACAT VIII. Paikalle saapui yli 1500 yliopistomaailman ja teollisuuden osallistujaa 56 maasta.

- Tämä konferenssi on johtava poikkitieteellinen ja poikkiteollinen katsaus katalyyysiä sivuavien teknologioiden tämän hetken tutkimukseen ja teollisuuteen. Nyt se järjestetään ensimmäistä kertaa pohjoismaissa, yhteispohjoismaisin voimin. Osallistujat tulevat monella eri alueelta. Symposiumin esityssarjoissa käsitellään mm. bio-, entsyymi-, polymerointi- ja fotokatalyyysiä sekä nanoteknologiaa, kertoo järjestelytoimia vetänyt Åbo Akademian professori **Dmitry Murzin**.

Katalyyttisiä prosesseja käytetään teollisuudessa erittäin paljon myös Suomessa. Teknologiaa

kehittämällä ja parantamalla voidaan tuottaa entistä puhtaampia tuotteita entistä edullisemmin. Nanoteknologian kehitys on parantanut prosessien selektiivisyyttä, jolloin syntyvien haitallisten sivutuotteiden määrä vähenee. Ala pohjaa vuosikymmeniä käytettyyn teknologiaan, mutta viime vuosina on tehty useita merkittäviä läpimurtoja katalyyttien kehityksessä. Yksi esimerkki on typen oksidien poistaminen ajoneuvojen pakokaasuista, jolla ympäristön saastumista on voitu merkittävästi vähentää.

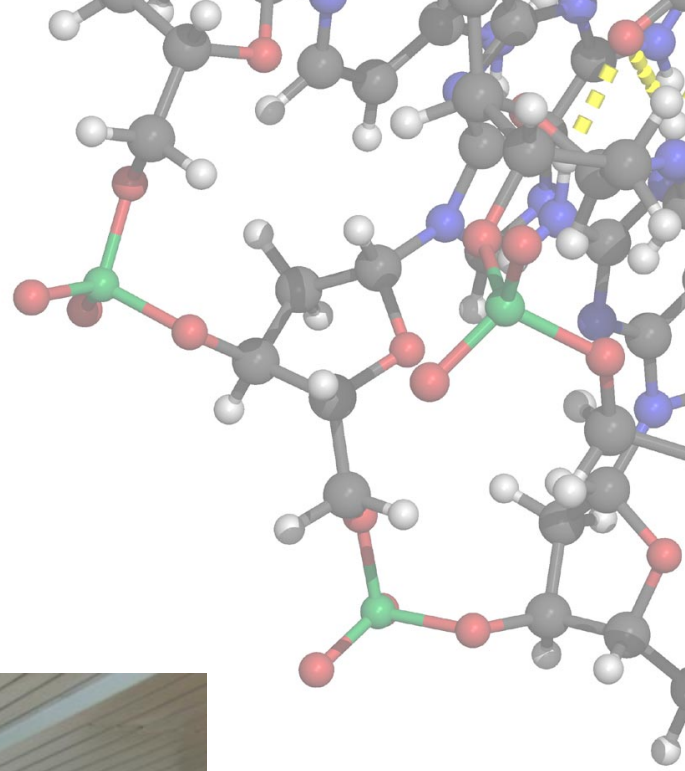
- Ja kun tulevaisuudessa fossiiliset polttoaineet joskus loppuvat, on raaka-aineita haettava uusiutuvista luonnonvaroista. Tällöin meillä Suomessa on käytössä esimerkiksi öljykasvit sekä metsistä saatava puu ja turve. Turvekin on uusiutuva luonnonvara, vaikka sen uusiutuminen kestää satoja vuosia. Jälleen tarvitaan aivan uudenlaisia prosesseja ja katalyyysiä, professori **Tapio Salmi** Åbo Akademista kertoo.

Nobelisti Robert Grubbs:
“Olemme itse kemian tehtaita”

EUROPACAT VIII:n avauspuheen piti vuonna 2005 kemian Nobel -palkinnon saanut **Robert Grubbs**. Hän oli kehittämässä toisiintumismenetelmää, jonka avulla on mahdollista rakentaa uusia molekyylejä.

Grubbs toteaa, että koko nykyinen elintasomme pohjaa laajamittaisiin teollisuuden katalyyttisiin prosesseihin. Yli 90% peruskemikaalien valmistuksesta on katalyyttistä.

- Katalyyysi on nyt ja tulevaisuudessa hyvin merkittävä kemian ala. Maapallon öljyresurssien vähetessä uusista



Korkealta näkee kauas ?
Lähes kaksimetrisen kemian nobelisti Robert Grubbs vakuuttaa prosessien olevan valmiita uusiutuvien luonnonvarojen biopolttoainetehtaille. Mittatikkuna allekirjoittanut Timo-Olavi Jalkanen (kuva: Åbo Akademi).

katalyyssiprosesseista tulee entistä tärkeäpiä, kun tarvitsemiamme kemikaaleja joudutaan tuottamaan uusista lähtöaineista, Grubbs toteaa.

Hän näkee kasviöljyt jo nyt potentiaalisina raaka-aineina ja maaöljynkin korvaajina monen kemikaalin tuotannossa. Hän ei kuitenkaan ryhdy arvailemaan sitä, koska kasviöljyn käyttö todella lisääntyy, vaan sanoo, että muutos tapahtuu kun ei ole vaihtoehtoja. Öljykasvien kasvatuksen geopolittiset ongelmat eivät saa olla itse teknologian kehityksen pysäyttäjinä. Ne tulee ratkaista erikseen.

Katalyyysi ei yleisesti ole kovinkaan tunnettua maallikkojen keskuudessa. Toisaalta sitä on joka puolella.

- Ovathan elävät olennot – me ihmiset mukaanlukien – liikkuvia kemiallisia tehtaita. Käytämme katalyysejä muuntaaksemme ruoan tarvitsemiksemme kemikaaleiksi. Ruokahan on kemikaaleja, Grubbs virnistää.

**“yli 90 %
peruskemikaaleista
tuotetaan katalyyttisillä
prosesseilla”**

Nanoteknologiaa tulevaisuudessa

Jo nyt bio-dieselin tuotantolaitoksia rakennetaan ympäri maailmaa, myös Suomeen. Suomessa luonnollisena raaka-aineena on puu. Vahvan metsäteollisuuden ansiosta täällä on valmis kuljetuslogistiikkakin. Yhdessätoimivia paperi- ja biopolttoainetehtaita tullaan varmasti näkemään. Buckminster Fullerin visiot maapallon energiatuotannon omavaraisuudesta alkavat toteutua.

Richard P. Feynmanin visioihin bioprosessien käytöstä on vielä matkaa. Ja nähtäväksi jää, koska koittaa aika, jolloin metallimies ohjelmoi DNA koodiin ohjeita haluamansa materiaalin ja

rakenteen aikaansaamiseksi. Tai koska likaahylkivät ja itsekorjaantuvat pinnoitteet ovat ”eläviä”. Nykyisten tietokoneiden ja elektroniikan liittäminen bioprosesseihin, joita niillä ohjataan, tulee olemaan yksi tärkeä kehitysalue. Jonakin päivänä, kaukana tulevaisuudessa elektroniikan käyttö saattaa vähentyä merkittävästi. Sille voi käydä kuten ensimmäisille mekaanisista rattaista ja akseleista kootuille tietokoneille, joiden paikan sähköiset koneet valtasivat. Aikanaan uudet biologiset komponentit syrjäyttävät puolestaan elektroniikan komponentit vanhentuneina. Ja nanon jälkeen tulee varmasti aikanaan piko – mitta-alue jota emme vielä juurikaan tunne.

Artikkelin kirjoittaja **Timo-Olavi Jalkanen** on tekniikan ja tieteen popularisointiin erikoistunut vapaa toimittaja, TV-ohjaaja ja valokuvataiteilija. Tämän artikkelin kaikki valokuvat ja molekyyli mallinnukset ovat hänen omiaan.

Jalkanen on toiminut mm. Nokia Electronicsissa mikroprosessorijärjestelmien kehitysinsinöörinä ja ohjelmoijana, sekä TEKELLä nanoteknologian R&D managerina. Vuosikymmenen aikana hän on kirjoittanut paljon arvostettuihin ammattilehtiin, kuten *Teollisuus Nyt*, *Promaint* ja *Energia*.

Tämä on esitaitto artikkelista, joka on julkaistu *Teollisuus Nyt* lehden numerossa 5/2007. Artikkelin lainaaminen opetus- tai muuhun käyttöön on sovittava kirjoittajan kanssa: timo-olavi.jalkanen@databooks.com, puh. 044 3450257.