



Aalto-yliopisto  
Kemian tekniikan  
korkeakoulu

# CHEM-C2230 Pintakemia

*Prof. Monika Österberg*

# Yhteystiedot

- **Monika Österberg:** [monika.osterberg@aalto.fi](mailto:monika.osterberg@aalto.fi), Puu I, huone 323,
  - Koko kurssi/luennot/projektityö/tentti
- **Lauri Partanen:** [lauri.Partanen@aalto.fi](mailto:lauri.Partanen@aalto.fi), CHEM, laboriotyö 2
- **Alexander Henn:** [karl.henn@aalto.fi](mailto:karl.henn@aalto.fi), Puu I, Laskuharjoitukset ja laboriotyö 2 ja 3
- **Juan José Valle-Delgado:** [juanjose.valledelgado@aalto.fi](mailto:juanjose.valledelgado@aalto.fi), Puu I, huone 321,
  - Laboriotyöt (Puulla tehtävät)

**Ensisijaisesti “yleinen keskustelu”  
palstan avulla MyCoursesissa**

# Kurssin rakenne ja arvostelu

**Kurssikirja:** Barnes & Gentle: Interfacial Science – An Introduction, tarkemmi lista sopivasta kirjallisuudesta MyCourses

**MyCourses:** <https://mycourses.aalto.fi/course/view.php?id=20366>

## Rakenne:

*Luentoja + kotitehtäviä*

*2\*Laskuharjoituksia (1 p/harjoitus)*

*2\*Laboratoriotyö (valitaan kolmesta työstä)*

*1\*Projektityö*

*1\*Tietokoneharjoitus*

*1\*Tentti (kirja, luennot, laskuharjoitukset, **projektityö, laboratoriotyöt**)*

**Arvostelu:** Tentti (50 %), projektityö (25 %), laboratoriotyöt (15 %), laskuharjoitukset (5 %), kotitehtävät (5 %)

# Periaatteita ja suosituksia

- Lue kurssikirjaa, jos et käy luennolla. Luentokalvot eivät ole suunniteltu itseopiskelua varten.
- Jos/kun käyt luennolla – tee muistiinpanoja 😊
- Laboratoriotyöt (2) ja projektityö ovat pakollisia
- Kotitehtävistä saa pisteitä ainoastaan jos ne ovat ajoissa palautettu

# Sisältö

**Pintaenergia**

**Pintojen termodynamiikka**

**Adsorptio kaasu–neste-rajapinnalle**

**Langmuir–Blodgett-ohutkalvot ja mittausmenetelmiä**

**Neste–neste-rajapinnat**

**Kiinteät pinnat**

**Kaasu–kiinteä-rajapinta**

**Neste–kiinteä-rajapinta**

**Teollisissa prosesseissa (malmin rikastus, paperin valmistus, siistaus, vedenpuhdistus,...) esiintyviä vuorovaikutuksia**

**Biologiset pinnat**

**Kotitehtävät:** MyCourses, 4 kpl

## **Laskuharjoitukset:**

MyCoursesissa + kaksi laskutupaa: 1:12.3. ja 2: 23.4.

*Tietokoneharjoitus:* 3-5.4.

## **Laboratoriotyöt (ilmoittautumien MyCoursesiin)**

- Jokainen tekee **2** työtä
- Pareittain/ryhmissä
- Arvioidaan (1-3)
- Raportti (huom. työ hyväksytty vasta kun raportti **hyväksytty**)
- Alkaa 6.3.
- Lisää infoa + ilmoittautuminen: MyCourses

**Pakollisia,  
ilmoittautukaa  
ajoissa!**

**Projektityö:** Seminaari 17.4. tai 18.4., Ryhmät MyCourses (**4.3  
mennessä!**)

# Teollinen prosessi jossa pintakemia tärkeä

- **Kirjallinen/suullinen ryhmätyö (4 hengen ryhmät)**
- **Posterit**
- **Oppimistavoitteet**
  - Opiskelija ymmärtää miten monessa tavallisessa prosessissa pintakemialla on merkitys.
  - Opiskelija osaa työskennellä tehokkaasti ryhmässä.
  - Opiskelija osaa esittää tuloksia visuaalisesti selkeästi sekä pystyy keskustelemaan niistä vakuuttavasti.
- **Evaluointikriteerit**
  - Ymmärrys pintakemian merkityksestä kyseisessä prosessissa (posterin ja esseen sisältö osoittaa ymmärrystä)
  - Osallistuminen ja toiminta ryhmän työskentelyssä (vertaisarviointi)
  - Tulosten esittäminen (posterin selkeys, tärkeimpien johtopäätösten esille tuominen esittelyssä, kyky keskustella aiheesta ja vastata kysymyksiin)

# Viime vuoden palaute

**Webropol:** Kurssin yleisarvosana oli 3,9, opetusmenetelmät (3,9), sisältö vastasi hyvin ilmoitettuja tavoitteita (4,3) ja kuormitus ja vaativuus olivat keskitasoa (3,1 ja 3,1).

## **Kurssin aikana kerättyä palautetta:**

Esimerkeistä, selkeydestä ja luentotehtävistä tulee paljon positiivista palautetta

Tempo on kehityskohde

Monta uutta käsitettä

Projektityölle toivottiin enemmän ohjeita ja esimerkkiaiheita

Kotitehtävät sai paljon positiivista palautetta



# Palautteen perusteella tehdyt muutokset:

- 1) **Kotitehtävät muutettu. Antakaa niistä palautetta! Toimivatko?**
- 2) **Posterit**
  - 1) Aikataulua on viilattu
  - 2) Posteriaiheista on lista
- 3) **MyCourses-sivut on uudistettu**
- 4) **Kurssikirjaa täydentävää opiskelumateriaalia saatavilla**

**Muista antaa palautetta!  
Antamalla palautetta vaikutat tuleviin  
luentoihin, tuleviin kursseihin ja jopa  
koulussa annettavaan opetukseen  
yleensä!**

# 1. Pinta- ja kolloidikemian perusteet

## Päivän oppimistavoitteet

### 1. Mikä on kolloidi?

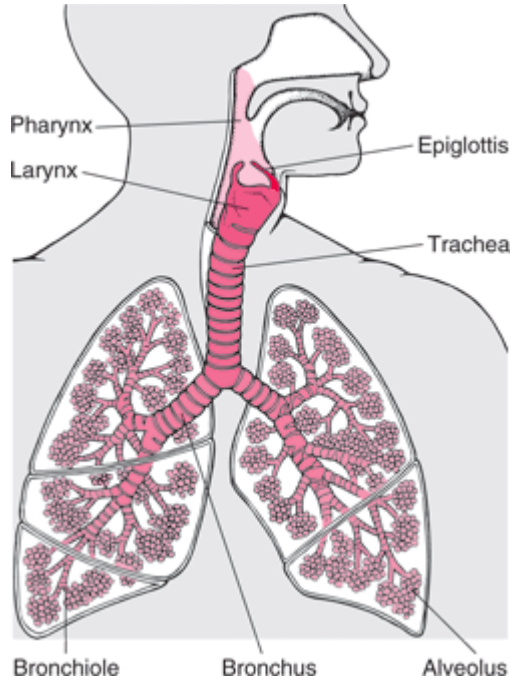
- a) Kolloidien luokitus
- b) Missä systeemeissä on kolloideja läsnä?
- c) Miten niitä karakterisoidaan? (myöhemmin kurssilla)
- d) Mikä vaikuttaa niiden ominaisuuksiin?

### 2. Mikä yhdistää/erottaa pintakemian, kolloidikemian ja nanoteknologian?

### 3. Miksi rajapintailmiöt ovat tärkeitä?

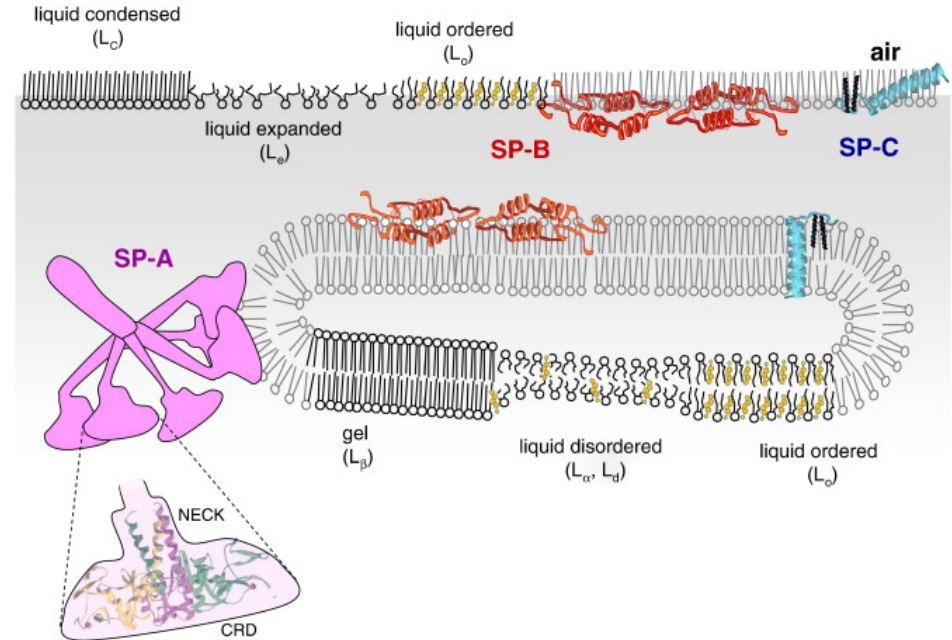
# Miksi pintakemia on tärkeä? – Biologiset ja tekniset systemit

# Esimerkki: Ihmisen keuhkot



Kontaktipinta-ala ilman kanssa erittäin iso

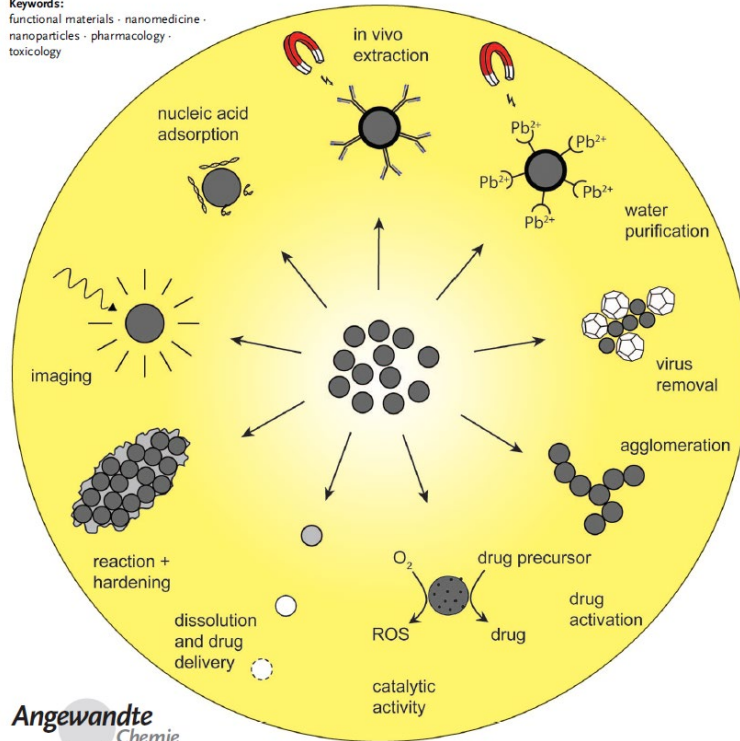
## Pinta-aktiivisten aineiden rooli...



Mm. pienentää pintajännitystä

# Biolääketiede

Keywords:  
functional materials · nanomedicine ·  
nanoparticles · pharmacology ·  
toxicology



Angewandte  
Chemie

1242 www.angewandte.org

© 2011 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Angew. Chem., Int. Ed. 2011, 50, 1242–1258

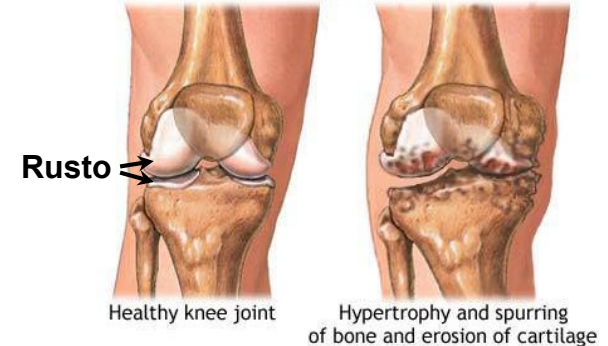
Stark Nanoparticles in biological systems *Angew. Chem.* 2011, 50, 1242

Lääkeannostus  
käyttäen  
nanopartikkeleita

Panyam et al *Advanced Drug  
Delivery Reviews* 55 (2003) 329–  
347

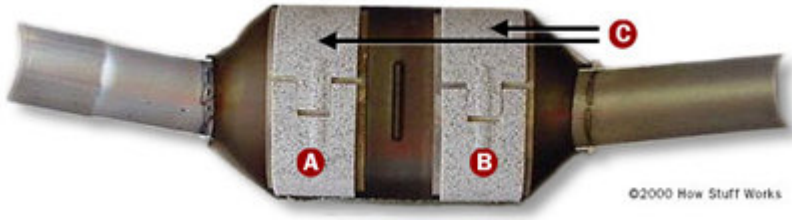
Kompatibilisointi  
ja antibakteerisuus

Keinorusto

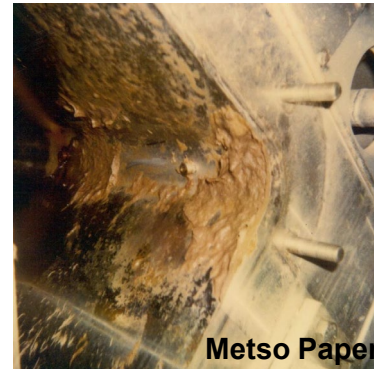


# Tekniset esimerkit

## Katalyytit



**Prosessit: paperin valmistus,  
vedenpuhdistus,  
kaivosteollisuus,...**



**Viirujen  
likaantuminen  
paperin-  
valmistuksessa**

# Puumateriaalit

Haltia, Nuukio, Espoo: First public building in Finland built entirely out of wood 2013

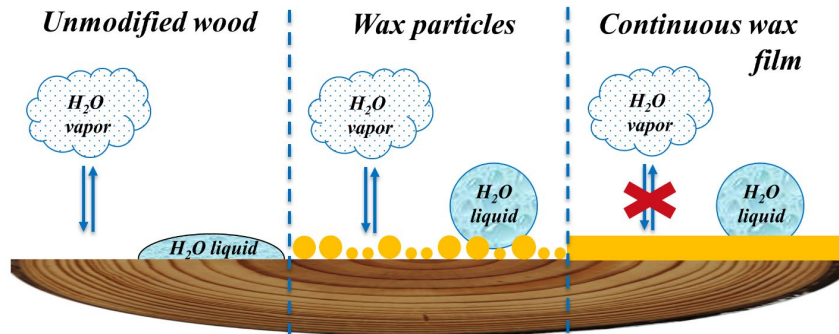


<http://www.woodency.com/>

Kauppalehti 14.11.2017

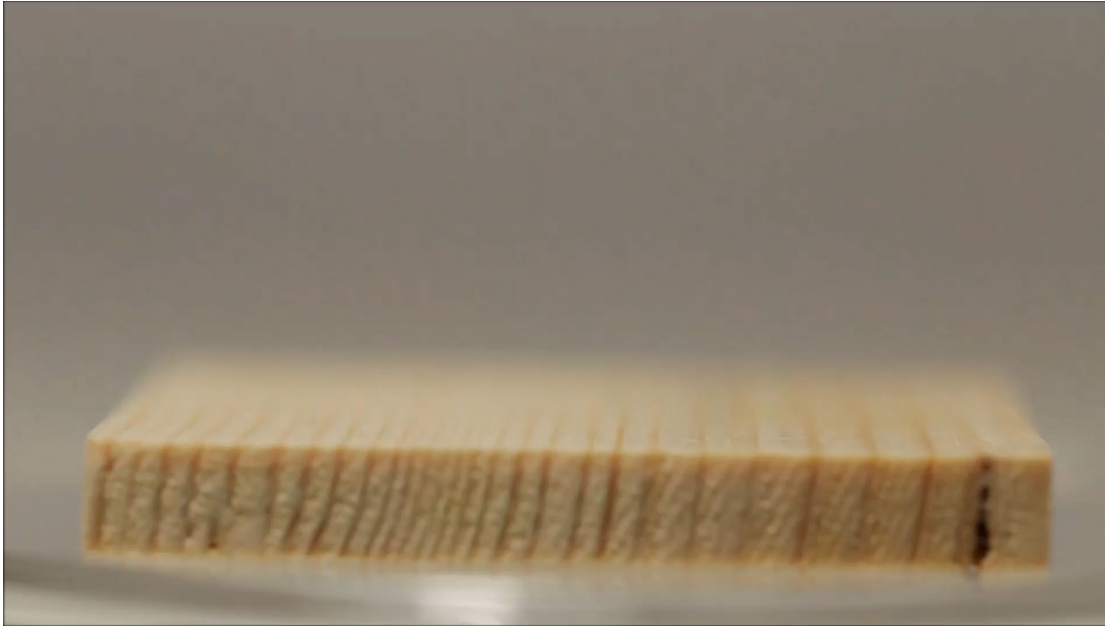
Puun käyttö lisääntymässä  
Motivaatio: Kestävyys, terveys, mukavuus, design ...

**Haasteet:** Kestävyys, paloturvallisuus, puhdistus, ...  
*On ymmärrettävä ja kontrolloitava pintaominaisuuksia  
Tarvitaan uusia pintakäsittelyjä, jotka säilyttävät puun  
hyvät ominaisuudet, kuten kosteuden puskuroidin*



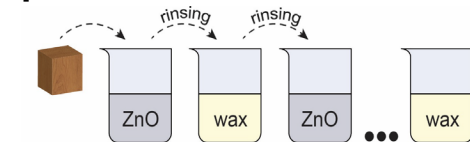
Lozhechnikova, A, et al *Energy and Buildings*. **105**, (2015) 37-42

# Sustainable wood modification



**Combining:**

- 1. (Super)hydrophobicity**
  - 2. Excellent moisture buffering and**
  - 3. Some UV protection**
- Via layer-by-layer deposition of zink oxide particles and natural wax particles**



**Benefits:**

Durability, easy to clean, comfort, energy saving, health(?)

Helppotajuinen esitys puun hyödyistä ja pintamuokkauksesta  
<https://www.youtube.com/watch?v=Jlx7fWeJbl8&feature=youtu.be>



# Selluloosakuidut ja nanoselluloosa

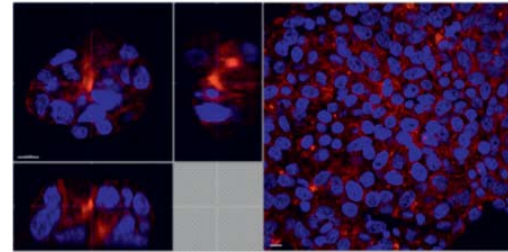
Nanoselluloosa joustavissa näytöissä, barriermateriaalina (pakkaukset), solukasvatusalustana, jne.

(Selluloosa)kuiduilla vahvistetut komposiitit

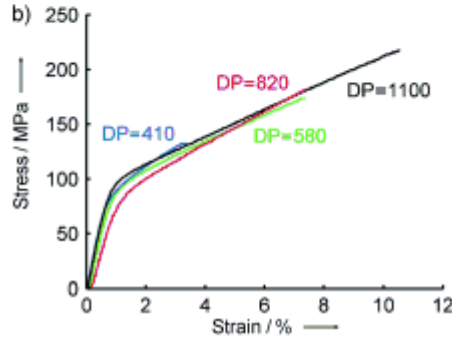


3D

2D



Kemia Kemi 7/2013



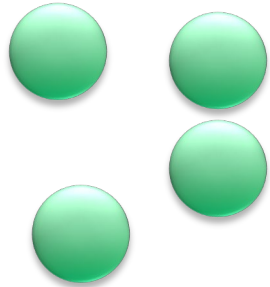
Kalevala 9.9. 2012

Klemm et al Angewandte Chemie 2011

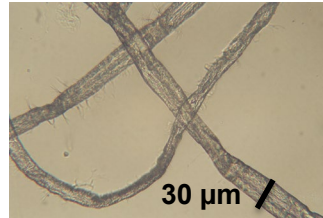
# Kolloidit

Materiaalit, joissa ainakin yksi dimensio  $\leq 10 \text{ nm} - 1 \text{ }\mu\text{m}$ .

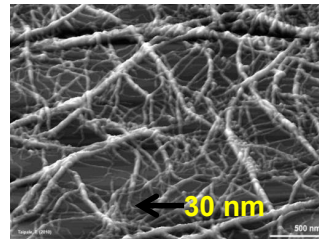
Nanomateriaalit  $\leq 1 - 100 \text{ nm}$



Partikkelit

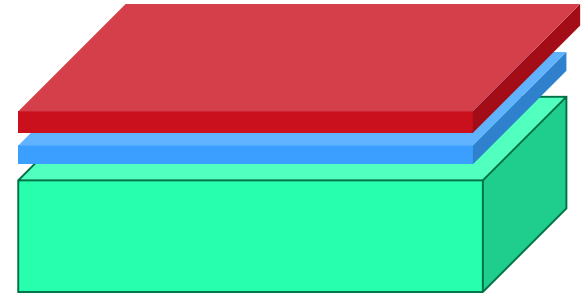


Puukuidut



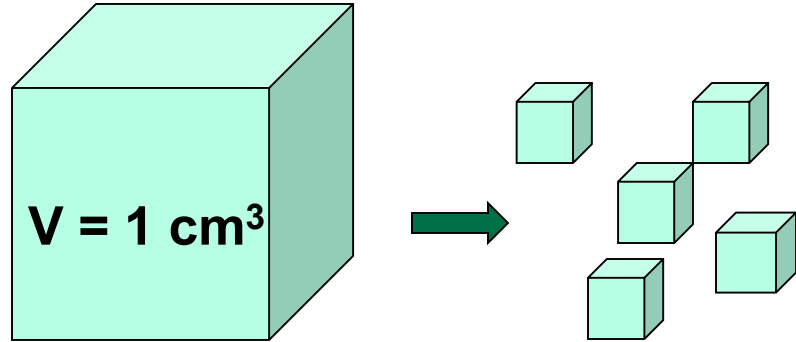
Nanokuidut

Kuidut



Ohutkalvot

# Laske pinta-ala



$$l = 1 \text{ cm}$$

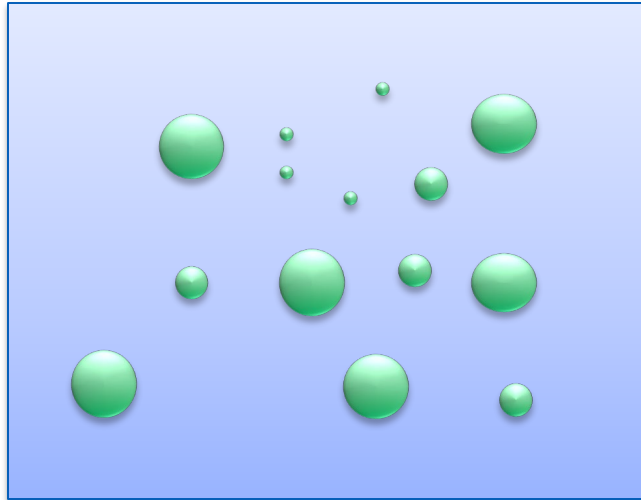
$$\text{Kokonaispinta-ala} = 0.0006 \text{ m}^2$$

Partikkelikoon vaikutus kokonaispinta-alaan

- a) Jos  $1 \text{ cm}^3$  kuutio jaetaan pienempiin kuutioihin joiden sivun pituus on  $1 \mu\text{m}$  niin mikä on kokonaispinta-ala?  
b)  $l = 100 \text{ nm}$   
c)  $l = 10 \text{ nm}$

[presemo.aalto.fi/  
pintakemia](http://presemo.aalto.fi/pintakemia)

# Dispersiot (kolloidit ja nanopartikkelit)



**Partikkelikoko 0,01-2  $\mu\text{m}$**

**1 l päällystepastan  
partikkelien yhteispinta-  
ala on n. 2 hehtaaria (4  
jalkapallokenttää)**

**➔ Rajapintailmiöt erittäin tärkeitä!**

# Kolloidien luokitus

Kysymyksiä:

1. Mitkä kolloidit muodostavat termodynaamisesti stabiileja dispersioita?
2. Miten termodynaamisesti epästabiilit dispersiot, kuten maalit, margariinit ovat mahdollisia?

## Lyofiilinen kolloidi “liuotinrakastava”

- Polymeerit
  - Hiilihydraatit
  - Proteiinit
  - DNA
  - Synteettiset polymeerit
- Pinta-aktiiviset aineet
  - misellit

**Termodynaamisesti  
stabiili, muodostuu  
sponttaanisti**

## Lyofobinen kolloidi “Liuotinvälttävä”

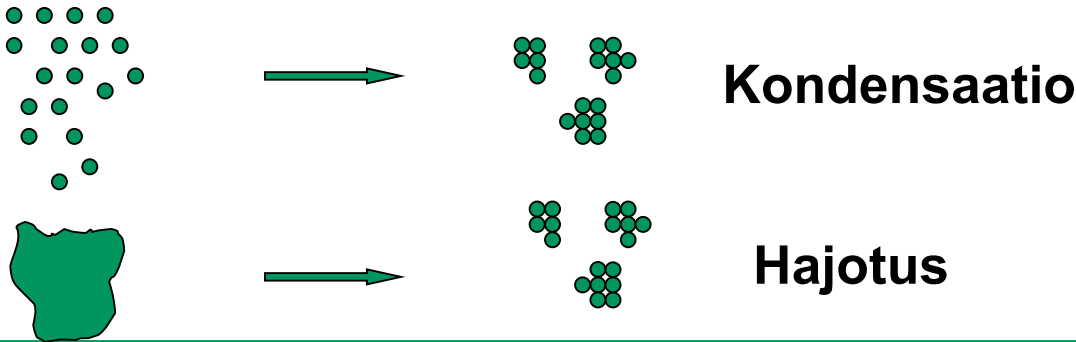
- Dispersiot
- Emulsiot
- Vaahdot
- Komposiitit

**Termodynaamisesti  
epästabiileja, tarvitsevat  
ulkoista energiaa  
(sekoitusta), jotta  
muosostuvat**

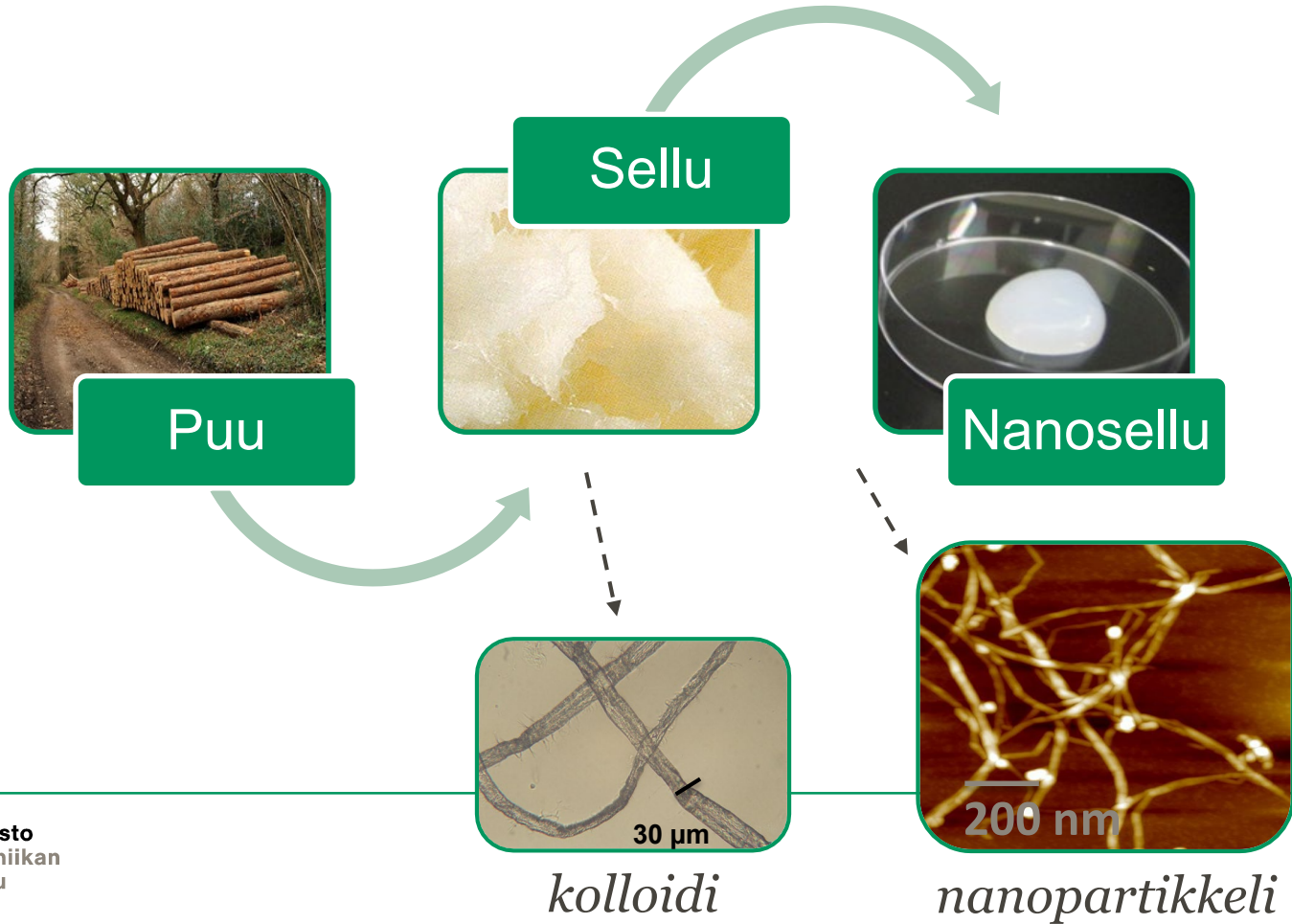
# Miten kolloidit ja nanopartikkelit muodostuvat?

Kondensaatio → Melkein kaikki materiaalit  
Dispersio/hajotus

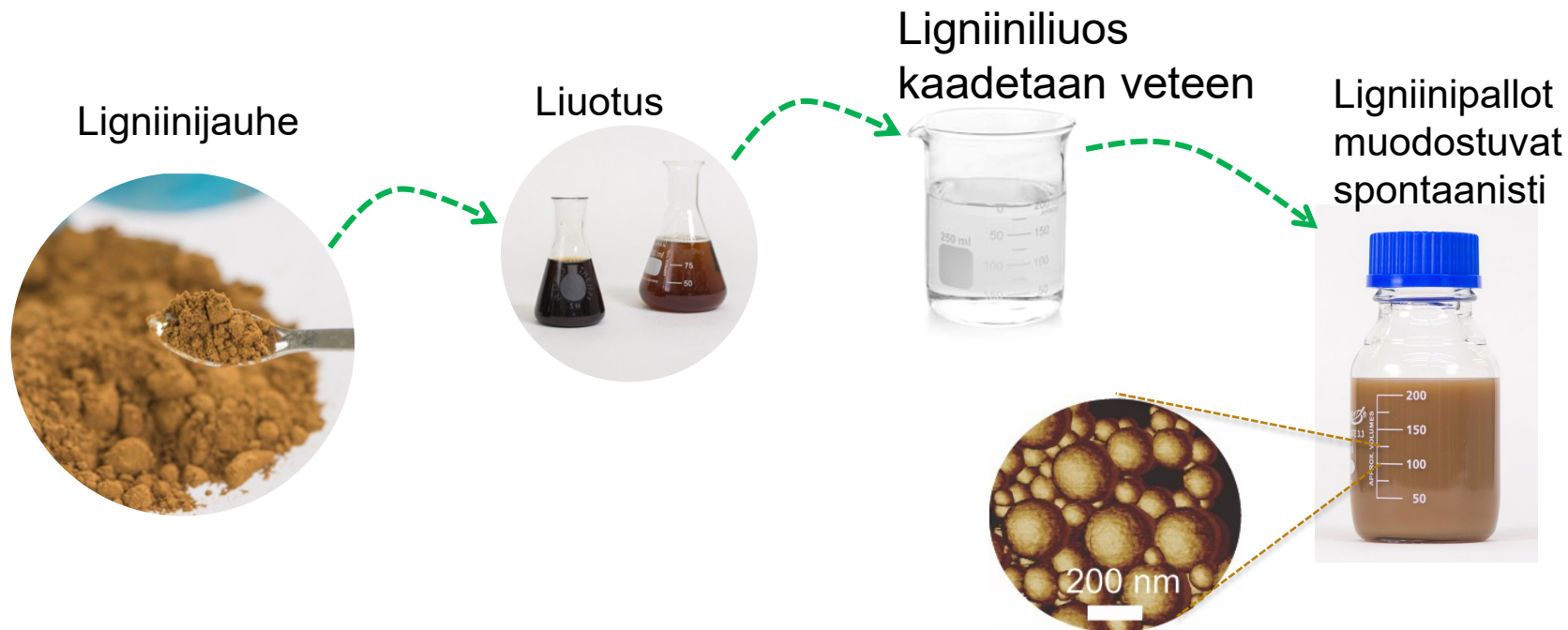
Polymerisaatio → Polymeerit/makromolekyylit  
Spontaani järjestäytyminen → Pinta-aktiiviset aineet



# Hajoitus – *Esimerkki*

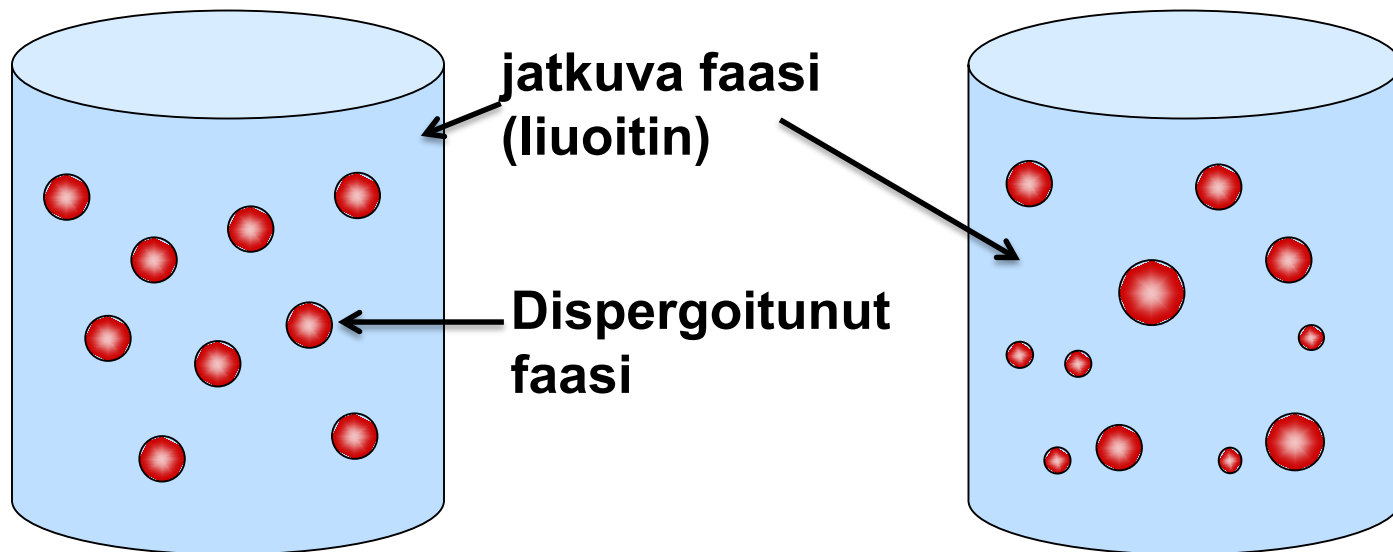


# Kondensaatio: Esimerkki Ligniininanopallot





# Nimeämissääntöjä



**monodispersiivinen**

**polydispersiivinen**

# Esimerkkejä kolloideista

Pohtikaa ryhmässä

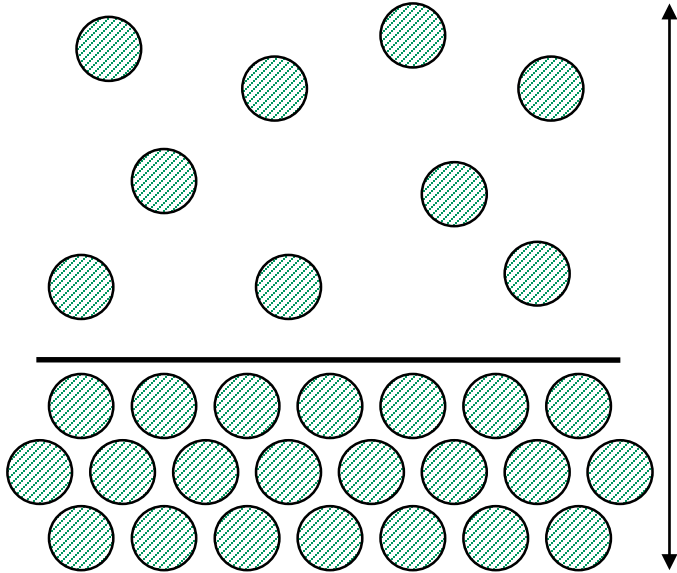
Dispergoitunut faasi	Jatkuva faasi	Nimi	Esimerkki
kiinteä	kaasu		
neste	kaasu		
kiinteä	neste		
kaasu	neste		
neste	neste		
kiinteä	kiinteä		
neste tai kaasu	kiinteä		

# Esimerkkejä kolloideista

Pohtikaa ryhmässä

Dispergoitunut faasi	Jatkuva faasi	Nimi	Esimerkki
kiinteä	kaasu	aerosoli	Savu, smogi
neste	kaasu	aerosoli	Sumu, pilvet
kiinteä	neste	Dispersio, (suspensio)	Maali, muste, päällystyspasta, kiertovesi,...
kaasu	neste	vaahto	Jäätelö, saippuavaahto,...
neste	neste	emulsio	Kosmetiikka, kosteusvoiteet, margariini,...
kiinteä	kiinteä	komposiitti	Paperi, kartonki, monet muovit
neste tai kaasu	kiinteä	Huokoiset materiaalit	Kuidut, membraanit, vaahtomuovi, eristemateriaalit

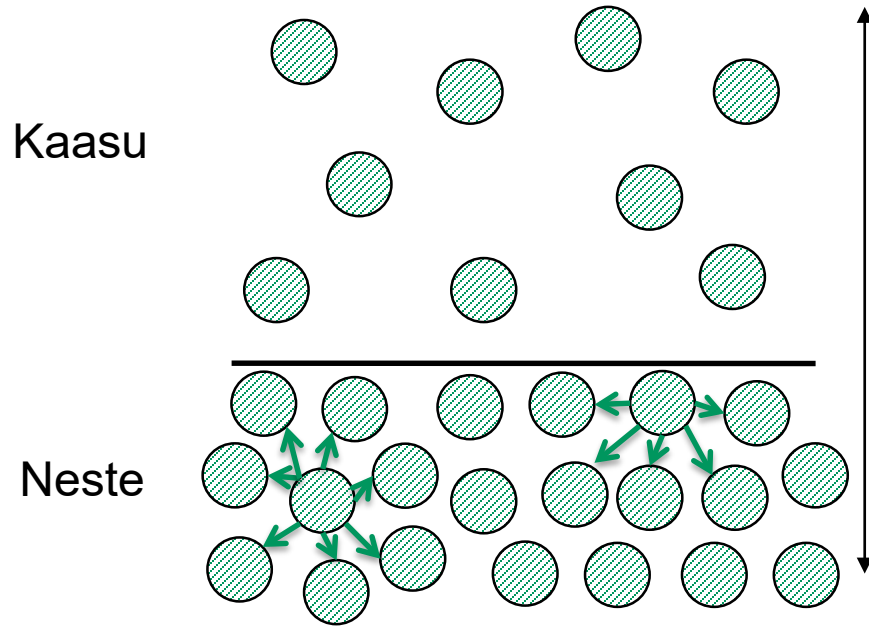
# Pinta / rajapinta



Noin 5-10 molekyylikerrosta määrävät rajapintaominaisuudet .

Ajatusleikki: Jos tennispalloa suurentaisi maaapallon kokoiseksi ja molekyylit suurennettaisiin saman verran, pintakerros olisi 10 cm paksu.

# Voimia rajapinnalla



## Molekyylien väliset vuorovaikutukset

Isotrooppinen / homogeeninen

rajapinta

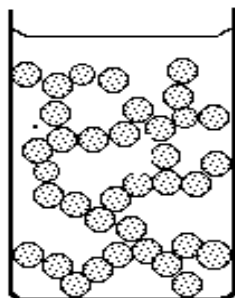
Anisotrooppinen / heterogeeninen

Isotrooppinen

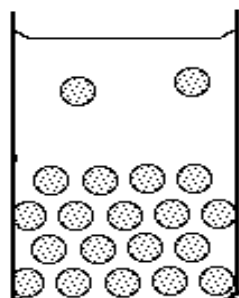
**Vaikutukset:** pintajännitys,  
vesipisarot, kapilaarivoimat

# Tyypillisiä käytännön haasteita kolloidikemiassa

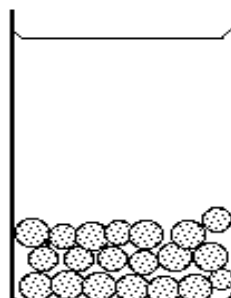
- Miten valmistetaan stabiili dispersio, emulsio tai vaahto?
  - Miten pH, T, suolakonsentraatio tai leikkausvoimat vaikuttavat dispersion (emulsion, vaahton) stabiiliuteen?
- Miten kolloidi flokataan?
- Mikä on flokatun kolloidin rakenne?



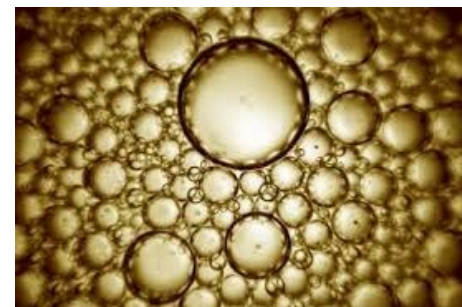
Huokoinen



Järjestäytynyt



Tiivis



Pickering emulsion

Mikä on dispersion ja liuoksen ero?  
Mitä tarkoittaa flokkaus?

# Kolloidikemian käsitteitä

**Suspensio:** kiinteät partikkelit nesteessä

**Kolloidaalinen suspensio:** partikkelit kolloidaalisessa kokoluokassa (nm- $\mu$ m)

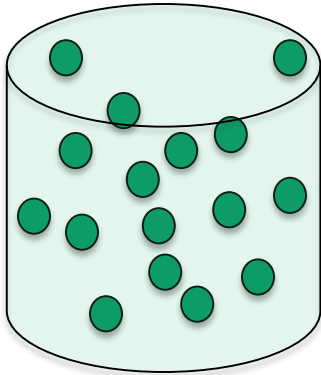
**Dispersio:** partikkelit ja väliaine voi olla kiinteä, neste tai kaasu

**Kolloidi/kolloidaalinen dispersio:** dispersio, mutta partikkelit ovat kolloidaalista kokoluokkaa

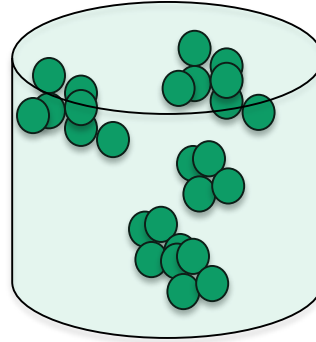
**Kaksi faasia:  
jatkuva ja  
dispergoitunut  
faasi**

**Liuos:** esim NaCl + vesi: **yksi faasi**

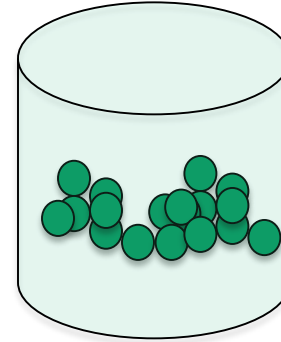
# Flokkulointi



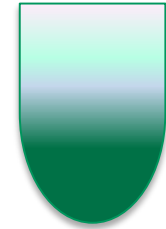
**dispersio**



**flokkulointi**



**sedimentaatio**



**Flokkulointi: reversiibeli aggregoituminen**  
**Koagulointi: irreversiibeli aggregoituminen**



# Pintakemian käytännön haasteet



Miten puhdistaa pintaa?



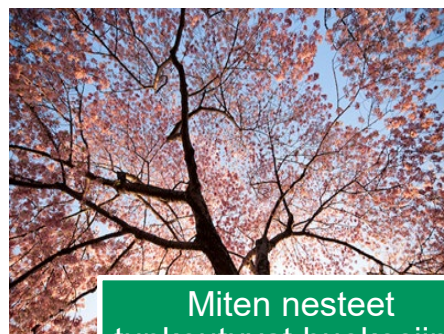
Miten pitää pinta puhtaana?



Miten kontrolloit miten neste kostuttaa pintaa?



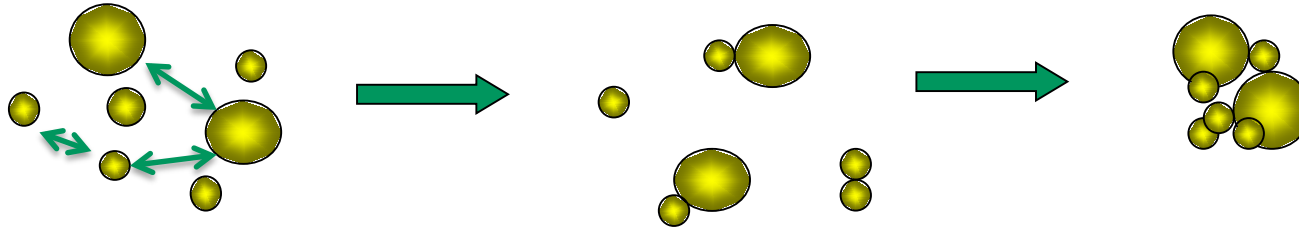
Miten saada pinnat tarttumaan toisiinsa?



Miten nesteet tunkeutuvat huokosiin?

# Kolloidien stabilisuus

## Flokkulointi/koagulointi



Mikä vaikuttaa flokkulointiin:

Kuinka **usein** partikkelit törmäävät:

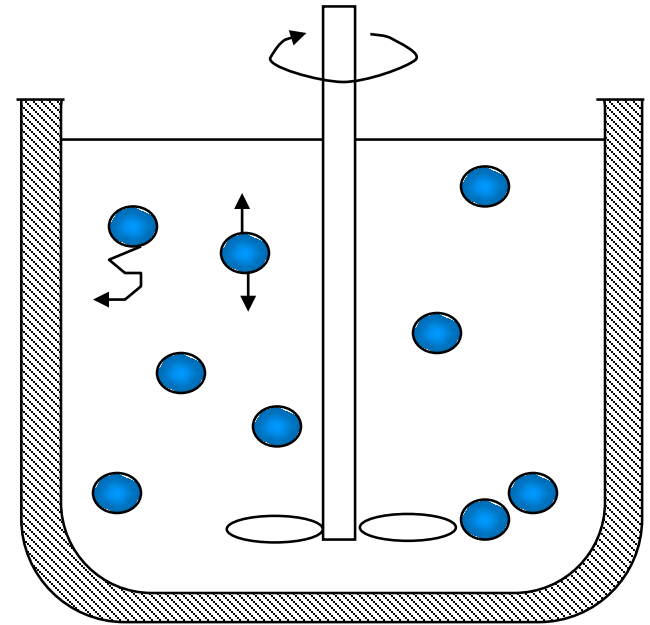
- Partikkelikoko
- Partikkelimuoto
- Sekoitus
- Sedimentaatio

**Törmäystehoon** vaikuttaa:

- Partikkeleiden välinen vuorovaikutus
- Tämän vuorovaikutuksen riippuvuus etäisyydestä

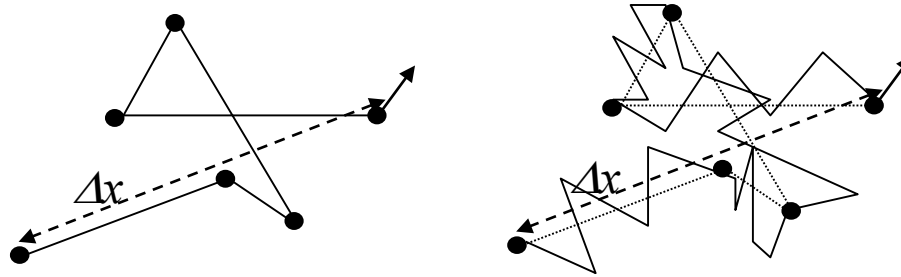
# Voimia kolloidaalisissa dispersioissa

- pintavoimia
- diffuusivoima (Brownian motion)
- kitkavoima
- Hydrodynaamisia voimia
  - *Esim. sekoitus*



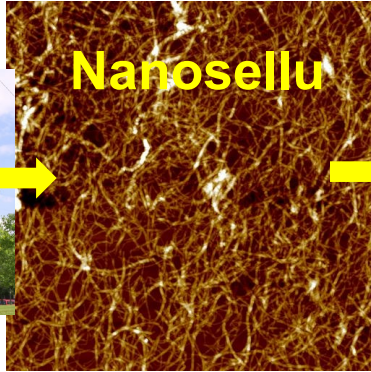
# Brownian motion (Brownin liike)

Partikkelit liikkuvat koko ajan kolloidaalisessa dispersiossa. Tämä liike on nopea ja täysin satunnainen.



# Miksi kannattaisi tutkia pintakemiaa?

## Uudet funktionaaliset (kestävät) materiaalit



### Puu korvaa öljyn

Yuusta voidaan tehdä näyttöjä, luotilivejä tai verisuonia.  
 Metsäyhtiöiden mustasukkaisuus uhkaa vesittää kehityksen Suomessa.

**KKKALENSIKA**  
 maa on tulvainen. Vaikka sillä  
 etellä varhaisa paperitehtaan  
 kiviainetta suurel tyli  
 osassa, on uudet biomijy

Äärimmäisy on nanoselluloosa,  
 luonnon kytymisen reiden alku  
 ansoelluloosan liittymän puolesta  
 on julkaisujen esillä on kasvane  
 lähtösuhteita.

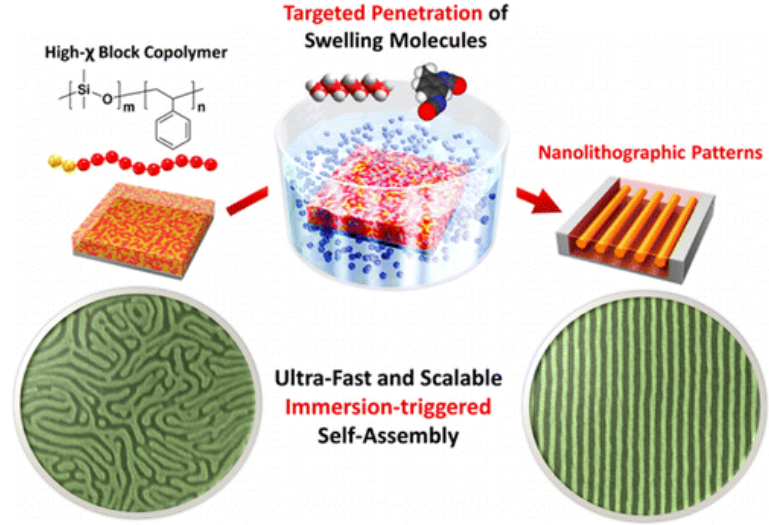
Monet antavat: ovat yhtä mieli  
 siitä, että nanoselluloosan liittyy  
 ultra-mehokas. Iy on alhaan  
 eripäällisellä omistuksella.

Nanoselluloosa on kevyt ja halpa  
 e määttää, että alhaalla välistä  
 gin kuttujen vesitilaa on vähäsi  
 enempi kuin ohutkivi välistä  
 an. Koska kyse on mikro- tai nano-  
 skala koksissa, ovat nanoselluloosa  
 välistä hienoisia kevyitä.

Sillä ohutkiviä yhdyväitän ar-  
 killa on lämmittäen välistä  
 huonea vrtokuvilla luotittu ts



**ORGANINEN VALOIODI.** Läpinäkyvä sähkölatoonakompositista valmistettu organinen valodiode  
 digit emitting diode, LED näyttö (Kokkonen, 2009).



- Pintakemia on tärkeä nanoteknologiassa
- Paljon avoimia kysymyksiä

Nanolitografiaa käyttäen lohkopolymeerejä ja kontrolloimalla niiden itsejärjestäytymistä liuotinvaihdolla

# Muista ainakin tämä

## 1. Miksi pintakemia tärkeä

- a) Pinta-alan riippuvuus partikkelikoosta
- b) Missä pintakemia tärkeä?

## 2. Kolloidien luokitus

**Kotitehtävä MyCoursesissa (Luennot 1 ja 2):  
Vastaa viimeistään 3.3.2019**

**Keskiviikkona: Pintajännitys**

# Kirjallisuus

- **Interfacial Science: An Introduction, Barnes & Gentle**
  - Luku 1
- **Foundations of Colloid Science, Hunter**
  - (Intro 1.1), Esimerkkejä kolloideista 1.2), Lyofobiset ja lyofiiliset kolloidit 1.3, (Monodispersiot 1.4.2)