



Mpemban ilmiö

Laura Aalto-Setälä, Marko Korhonen
ja Natalia Lahen



Mpemban ilmiö

- Mpemban ilmiössä tietyissä olosuhteissa kuuma vesi voi jäätyä nopeammin kuin kylmä.
- Ilmiöön vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi haihtuminen, alijäähtyminen ja vesien epäpuhtaudet.
- Ilmiöstä on havaintoja satojen vuosien takaa.
- Lukemamme artikkelin perusteella ilmiö toimii vain jos kuumen ja kylmän veden nukleaatiolämpötilat ovat erit.
- Käytämme kokeessa hanavettä (kuumaa) ja ionivaihdettua vettä (huoneenlämpöistä).
- Tavoite on, että ionivaihdettu vesi alijäähtyy.



Tutkimuskysymyksen asettelu

- Jäätyykö kuuma vesi nopeammin kuin kylmä?
- Alijäähtyykö ionivaihdettu vesi?
- Vaikuttaako kannen lisääminen vesiasiaan?
- Saadaanko laitoksen likaiset petrimaljat puhtaksi?





Koe 1: perjantai-iltana/yönä

- Asetimme kaksi kansellista petrimaljaa kuivajääpakettiin.
- Petrimaljat eristettiin kuivajäästä pannunalusella.
- Pannunalusen ympärillä lämpötila oli -18 astetta.
- Epäsäännöllisin väliajoin poistimme kannen ja katsoimme, onko mitään tapahtunut.
- Aluksi hanavesi oli 52,5- ja ionivaihdettu 22,5-asteista.
- Tunnin jälkeen ionivesi alkaa jäätyä.



jäätä



Koe 1: jatkuu

- 120 min: ionivesi jatkaa jäätymistä; hanaveteen ilmestynyt rupisammakkokuplia.
- 160 min: Ei muutoksia. Toteamme kokeen päättyneeksi.



rupisammakkokuplia



Koe 2: lauantai-aamupäivä



- Parantelimme koejärjestelyä: laitoimme styrox-astiaan kannen tilalle lasilevyn, jottemme joutuisi availemaan kantta.
- Desin fioimme laitoksen petrimaljat käsidesillä.
- Laitoimme neljä testiä: kaksi kylmää ja kaksi kuumaa, joista toisella kansi ja toisella ei.
- Oletus on, että näytteet jäätyvät järjestyksessä kylmä ilman kantta, kuuma ilman kantta, kylmä kannen kanssa ja kuuma kannen kanssa.



Koe 2: jatkuu

- Hanavesinäytteiden lämpötila on 78- ja ionivaihdetun veden 22,5-astetta.
- Päinvastoin kuin oletettiin, tunnin jälkeen kuuman suljetun näytteen pohjaan alkaa syntyä jääkidettä.

Kiteitä!





Koe 2: jatkuu



- Kolmen tunnin jälkeen näytteet siirretään pakastimeen, koska mitään muutoksia ei tapahdu ja kuivajää alkaa sulaa.
- Avoin kuuma jäätyy siirron aikana.
- 210 min: Koe päättyy. Alunperin kuumat nesteet ovat jäätyneet enemmän kuin kylmät.
- Tämä saattaa johtua siitä, että kuumat näytteet sulattivat allaan ollutta kuivajäätä enemmän kuin kylmät, minkä takia ne menivät enemmän kallelleen kuin kylmät.

Avoin kylmä



Tulokset

- Ensimmäisessä kokeessa kylmempi neste jäättyi ensiksi.
- Jäätyminen alkoi reunoilta, ja saattaa olla, että se johtui epäpuhtauksista näyteastiassa.
- Kuumaan veteen muodostui jäätymisvaiheessa rupisammakkokuplia, mikä herätti kysymyksiä kannen avaamisen vaikutuksista.
- Toisessa kokeessa kuuma suljettu näyte jäättyi ensin.
- Avoin kuuma jäättyi, kun sitä siirrettiin kuivajääastiasta pakastimeen.



Johtopäätökset

- Kuumen kannettoman hanavesinäytteen jäätyminen kuljetuksessa voisi johtua siitä, että se oli alijäähtynyt.
- Kuuma hanavesi haihtui paljon jäähtymisen aikana, mikä voisi selittää alijäähtymisen.
- Erilaiset vedet voisivat selittää havainnot Mpemban ilmiön takaa: jos vesi on desinfioitu keittämällä, sen nukleaatiolämpötila voi olla eri kuin keittämättömän.
- Myös veden suolopitoisuus vaikuttaa nukleaatiolämpötilaan.



Johtopäätökset

- Kuuman kannettoman hanavesinäytteen jäätyminen kuljetuksessa voisi johtua siitä, että se oli alijäähtynyt.
- Kuuma hanavesi haihtui paljon jäähtymisen aikana, mikä voisi selittää alijäähtymisen.
- Erilaiset vedet voisivat selittää havainnot Mpemban ilmiön takaa: jos vesi on desinfioitu keittämällä, sen nukleaatiolämpötila voi olla eri kuin keittämättömän.



Teekannuilmio

Laura Aalto-Setälä ja Jarkko Järvelä



Teekannuilmio

- Kannut eivät aina kaada hyvin: joskus vesi noruu pitkin kannun nokkaa.
- Tähän vaikuttaa monia tekijöitä: Nokan muoto ja paksuus, materiaali, veden virtausnopeus ja kaatokulma.





Tutkimuskysymyksen asettelu

- Mitkä ominaisuudet vaikuttavat kannun kaatavuuteen?
- Miten kannun kaatavuutta voi parantaa?
- Kuinka jyrkässä kaatokulmassa vesi ei enää noru?





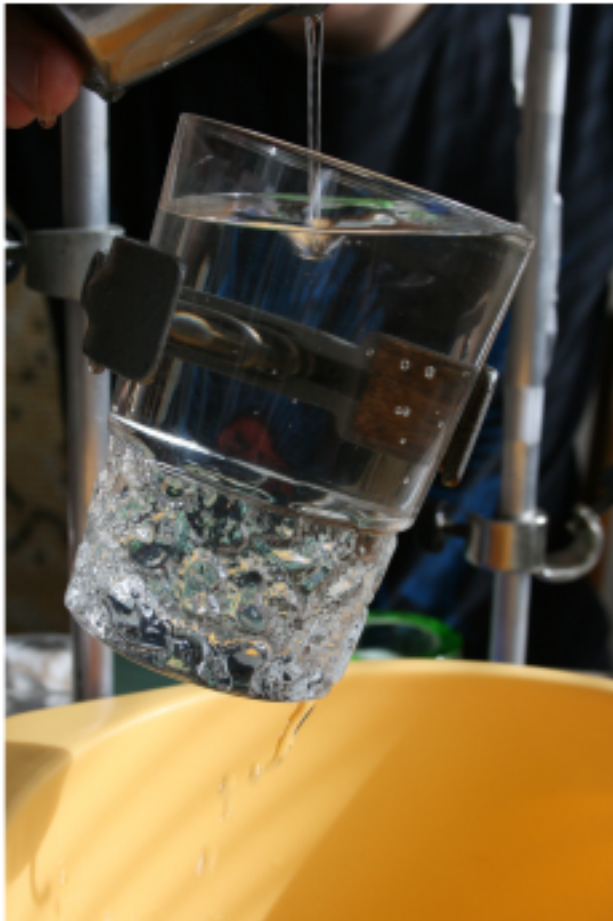
Tutkimuksen toteutus

- Kaadoimme vettä erilaisista astioista.
- Valitsimme varsinaiseen tutkimukseen sylinterin muotoisen lasin ja lasikannun.
- Ripustimme lasin statiiviin ja valutimme siitä vettä erilaisissa kulmissa.
- Kokeilimme parantaa astian vedenhylkivyyttä voitelemalla sen.





Lasi 20 asteen kallistuksessa



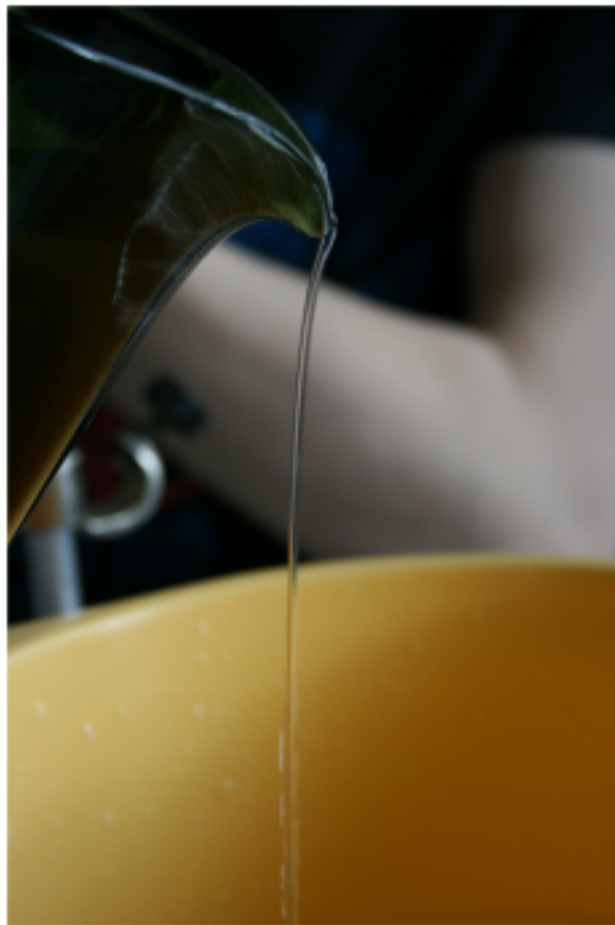


Lasi 30 asteen kallistuksessa





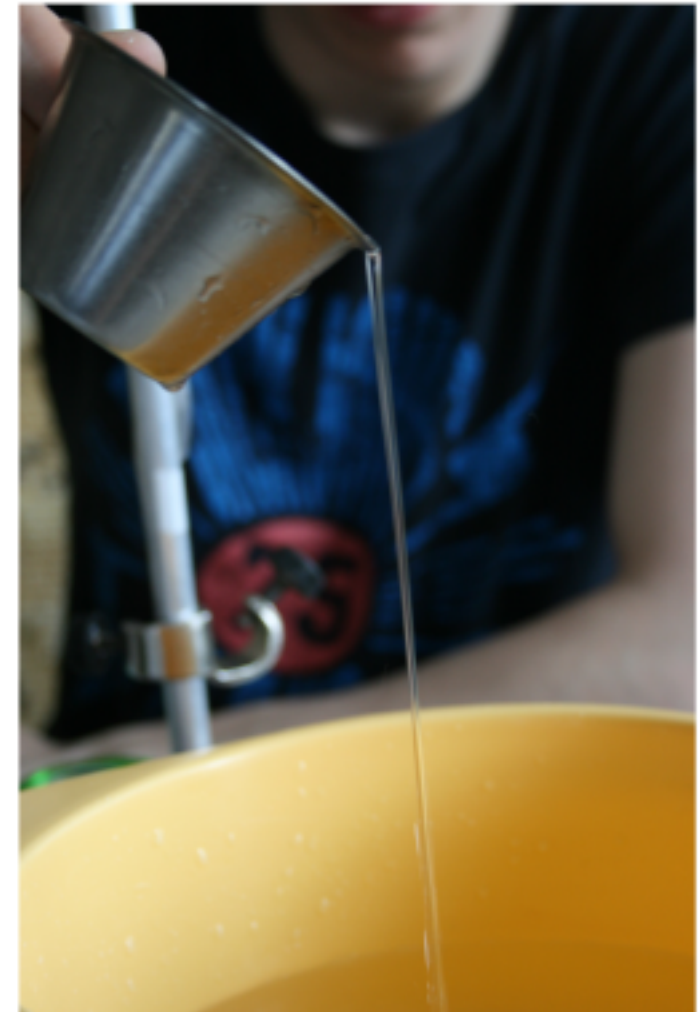
Lasikannu rasvalla ja ilman





Tulokset ja johtopäätökset

- Rasvoittamisella ei ollut silmin havaittavaa vaikutusta nokan kaatavuuteen.
- Nokan olemassaolo paransi kaatavuutta.
- Kaikissa lasisissa, muovisissa ja keraamisissa astioissa vesivirta vietti kannua kohti.
- Metallisesta ohutreunaisesta astiasta vesi valui suoraan alas.





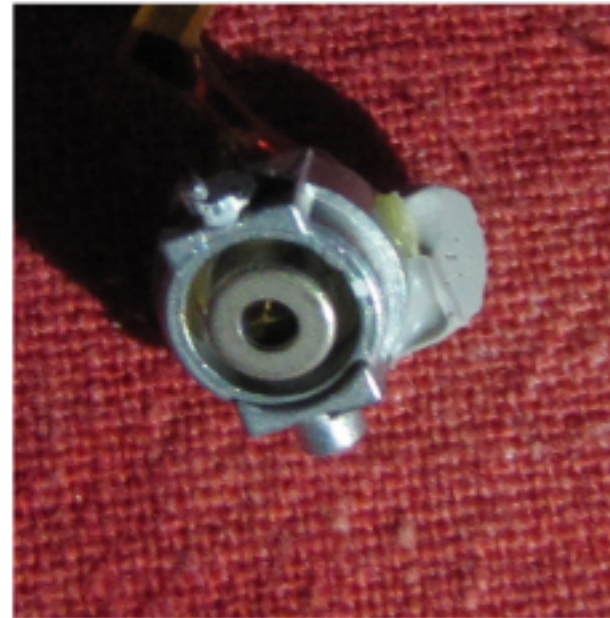
Tehokkaan laserin rakentaminen

Anton Saressalo, Tuomas Talka,
Jere Remes ja Otso Huuska



Laser

- Laser on laite, joka tuottaa koherenttia valoa. Koherenttissa valossa kaikki valoallot ovat saman pituisia ja värähtelevät samassa suunnassa ja samalla taajuudella.
- DVD-asemassa on tavallista laserkynää tehokkaampi lasediodi





Onko mahdollista rakentaa laser, joka puhkaisee ilmapallon?

- Tehokas laserkynä ei riitä? Testattiin 50 mW laserkynällä. Se ei onnistunut puhkaisemaan palloa
- Tarvitaan tehokkaampi laser
- Sellainen löytyy esim. DVD-aseman laserdiodista
- Päätimme siis purkaa käytetyn DVD-aseman ja valjastaa sen laserdiodin omiin tarkoituksiimme.





Tutkimuksen toteutus

- DVD-asema purettiin ja sisältä noukittiin diodi.
- Diodin jalkoihin juotettiin johtimet ja ne kytkettiin kiinni kahteen 1,5V AAA-paristoon.
- Valo suoraan diodin läpi oli hyvin diffuusi.
- Käytettiin hyväksi asemassa ollutta optiikkaa valonsäteen kohdentamiseksi.





Tulokset ja johtopäätökset

- Diodin teho heikkeni huomattavasti kesken kokeilujen
- Tämä johtunee liian kovasta käytöstä
- Ehjä diodi tuotti hyvin voimakkaan lasersäteen. Jos optiikkaa olisi ollut alkuperäisellä paikallaan tai säde olisi muuten saatu kohdistettua, olisi se saattanut riittää ilmapallon puhkaisemiseen.
- Hajonneella diodilla ei toivoakaan onnistumisesta.





Mikroaaltouunin taajuuden määrittäminen valonnopeuden avulla

Timo J. Kärkkäinen, Natalia Lahen,
Salla-Maaria Latva-Äijö, Anton Saressalo



Nopeus, taajuus, aallonpituus

- Perustavanlaatuinen fysikaalinen vakio, valon nopeus tyhjiössä, **määritellään**

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

- Mikroaaltouunin taajuus ei ole tiedossa.
- Aallonpituus saadaan kahden lämmitysmaksimin välisen etäisyyden puolikkaana, minkä odotetaan olevan senttimetriluokkaa.



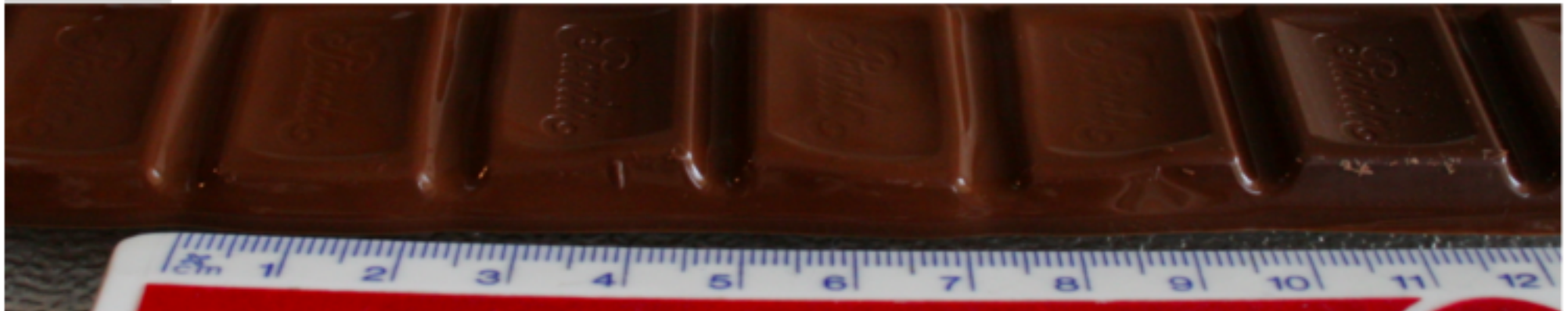
Suklaata Panasonic NN-Q553W:ssä

- Poistetaan pyörivä taso mikroaaltouunin sisältä ja laitetaan suklaalevy tilalle.
- Suklaata lämmitettiin 20 s kerrallaan.
- 3x20 s jälkeen maksimit ovat ”selvästi” näkyvissä.





Tulokset ja johtopäätökset



- Viivoittimella mitattiin kahden lämpömaksimin etäisyydeksi $\lambda/2 \approx 7,5 \pm 0,5$ cm. (Ks. kuva)
- Taajuudeksi saadaan siten $f = c/\lambda \approx 1874 - 2141$ MHz.



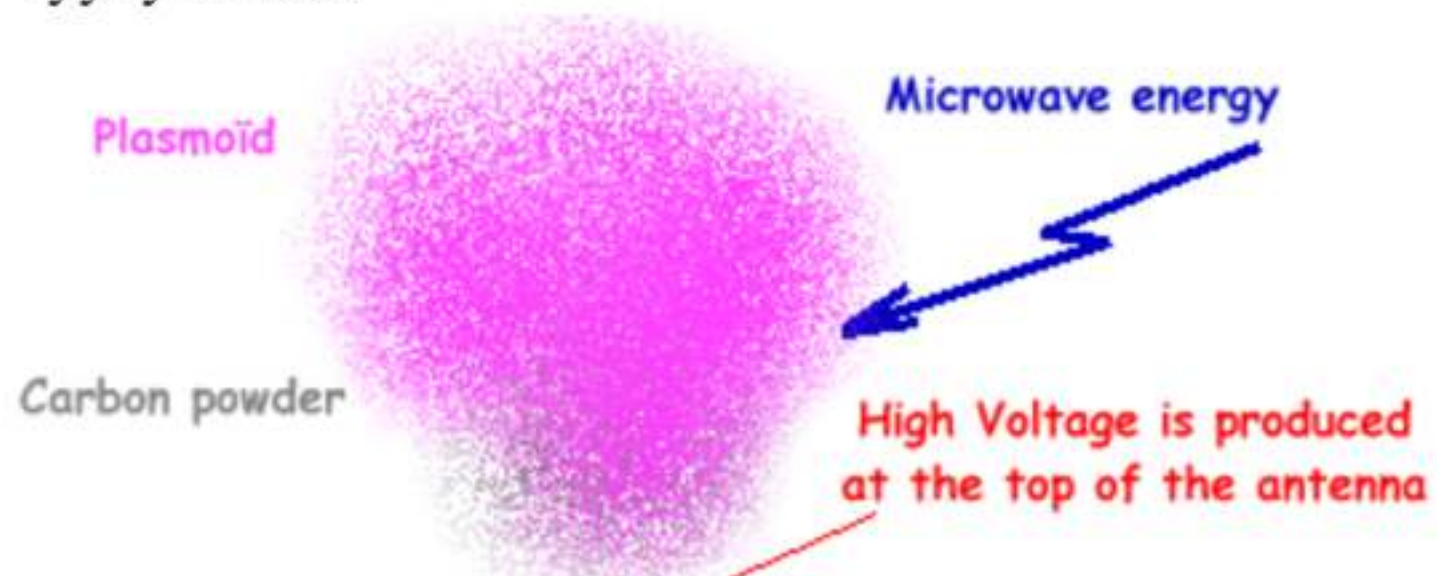
Plasmaa mikroaaltouunissa

Timo J. Kärkkäinen, Natalia Lahen,
Salla-Maaria Latva-Äijö, Anton Saressalo



Plasmoidin syntyminen

- Palamisessa syntyy ionisoituneita hiukkasia. Mikroaaltouunilla voidaan saada näkyviin voimakas sähkömagneettinen pulssi, joka koostuu em. paljon hiiltä sisältävistä hiukkasista.
- Ilmiö on hyvin monimutkainen, eikä sitä ole vielä selitetty tyydyttävästi.





Rypäleet mikroaaltouunissa

- Rypäle katkaistaan keskeltä kahtia ja puolikas rypäle leikataan melkein kokonaan poikki.
- Rypäle asetetaan mikroaaltouuniin kuori ylöspäin ja peitetään lasilla.





Muuta materiaalia mikroaaltouunissa

Mikroaaltouuniin laitettiin seuraavia materiaaleja:

- Palava kynttilä
- Palava tulitikku
- Palavaa pahvia
- Ionivaihdettua vettä



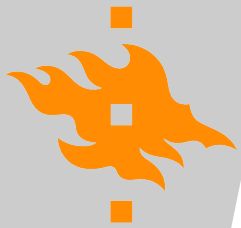
Mikä on suurin mahdollinen reikä, josta vesi ei valu ulos?

Otso Huuska, Marko Korhonen,
Eemeli Tomberg ja Tommi Tenkanen



Miksi vesi ei valu reiästä ulos

- Vesi on mahdollista saada pysymään sellaisessa tiiviisti suljetussa purkissa, jonka pohjaan on porattu reikä
- Jos ilma pääsee virtaamaan ylhäältä sisään purkkiin, vesi valuu pohjan reiästä ulos
- Jos reiän aluetta häiritsee, havaitaan reiästä ylöspäin syöksyvä ilmakupla ja veden ulosvirtaus. Tämän jälkeen tilanne tasoittuu.
- Veden ulospääsyn havaittiin heti riippuvan myös purkin kallistuskulmasta s.e. suurilla kulmilla vesi valuu helposti ulos



Tutkimuskysymyksen asettelu

- Tehtävänä oli selvittää suurin mahdollinen reikä, josta vesi ei vielä pääse valumaan ulos, sekä löytää tälle teoreettinen selitys
- Tarkoitus oli myös kartoittaa ilmiön kannalta olennaiset parametrit kuten kallistuskulma, fluidien välinen paine-ero, pintajännityksen vaikutus jne.





Tutkimuksen toteutus

- Tehdyissä kokeissa havaittiin sisään pyrkivän ilman ja veden pintajännityksen yhteisvaikutuksen muodostavan sisäänpäin kaareutuneen kuplan
- Kuplan rikkominen aiheutti ilmakuplan virtauksen ylös ja samanaikaisen veden ulosvirtauksen





Tutkimuksen toteutus

- Lähdettiin teorian avulla tutkimaan tasapainotilanteessa rajapintaan vaikuttavia voimia
- Kuplan kaarevuussäde ja nesteen pintajännitys aiheuttavat erään rajapintaan vaikuttavan voiman
- Lisäksi rajapintaan vaikuttavat ilmanpaine ja nesteen aiheuttama hydrostaattinen paine
- Oletettiin, että syntyvän, pallomaiseksi oletetun pisaran kaarevuussäde vastaa reiän kokoa



Tulokset ja johtopäätökset

- Astian muodolla, pohjan muotoa lukuun ottamatta, ei havaittu olevan merkitystä kunhan astia säilyttää muotonsa
- Syntyneen mallin antamat tulokset riippuvat alkuarvoista niin herkästi ja monimutkaisesti, ettei selviä tuloksia ole vielä saatu
- On edelleen epäselvää, onko käytetyllä mallilla mahdollista kuvata tarkasteltua ilmiötä oikein
- Käytössä olevien astioiden tulisi olla keskenään riittävän saman kokoisia ja niissä olevien reikien suuruutta pitäisi pystyä säätämään



Tulokset ja johtopäätökset

- Ilmiöllä havaittiin kuitenkin selvästi olevan tekemistä nesteen pintajännityksen kanssa, sillä saippuavesi virtasi kaikissa tapauksissa lähes vastuksetta ulos





Sumukammio-hiukkasilmäin

Tommi Tenkanen, Henri Sulku, Jarkko Järvelä,
Antti Rantala, Juhana Lankinen



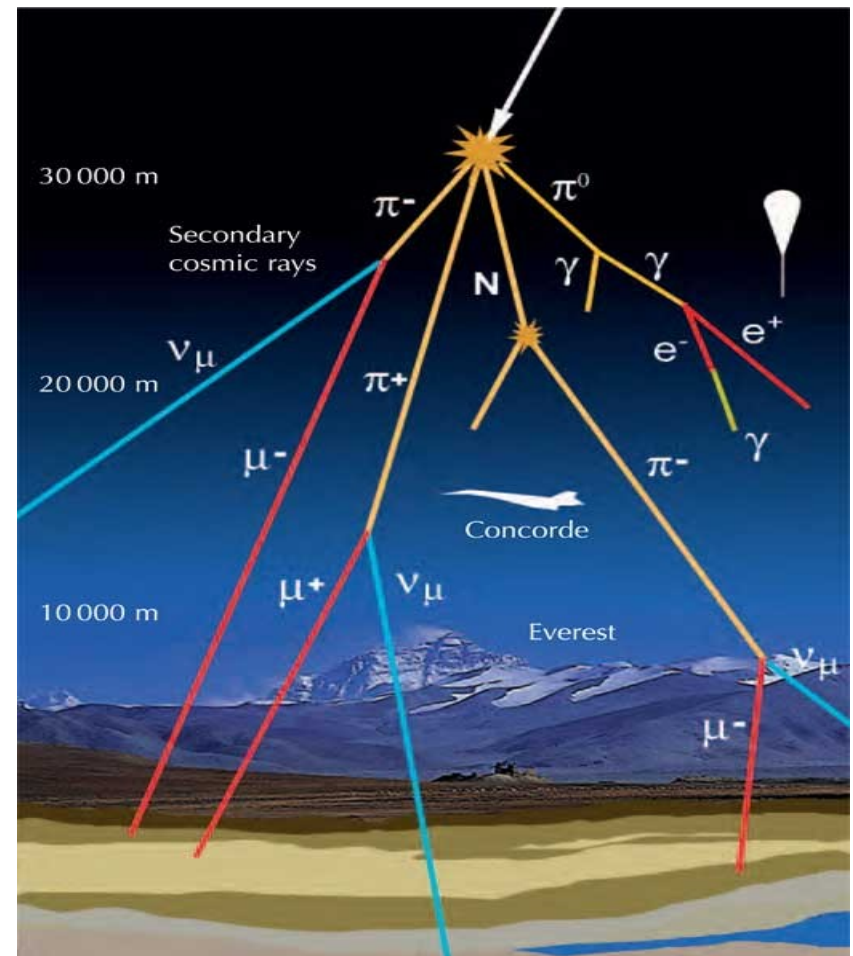
Sumukammio-hiukkasilmaisin

- Alkeishiukkasia ei voi nähdä suoraan, mutta niiden vuorovaikutus ilmaisimen kanssa voidaan havaita
- Kotitekoisella hiukkasilmäimellä voidaan havaita kosmisista säteistä syntyviä myoneja sekä luonnon radioaktiivisuudesta peräisin olevia α - ja β -hiukkasia
- Mittaaminen voi kuitenkin olla haastavaa; kyseessä lähinnä rakennusprojekti



Tutkimuskysymyksen asettelu

- Miten luoda parhaat olosuhteet hiukkasten havaitsemiselle?
- Miten sumukammion eri komponenttien suhteet vaikuttavat lopputulokseen?
- Onko mahdollista tunnistaa joitakin hiukkaslajeja?

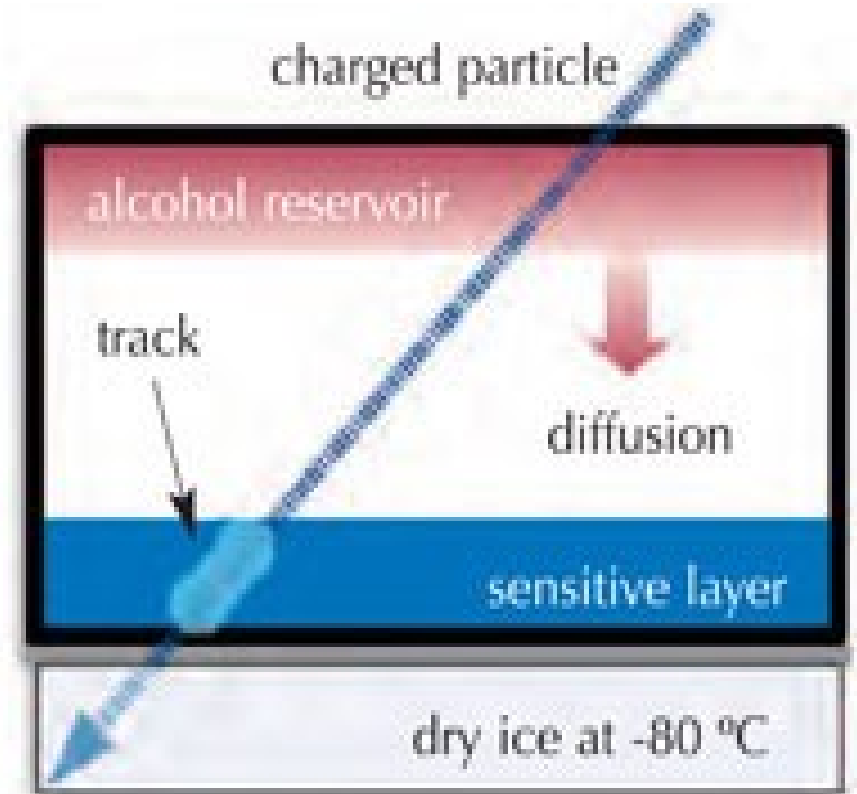


Barradas-Solas, Alameda, Meléndez:
Bringin particle physics to life: build your
own cloud chamber, *Science in School*, 2010



Tutkimuksen toteutus

- Pleksilasista rakennettu ilmatiivis säiliö täynnä ilmaa, johon sekoittuneena ylikylläistä alkoholia
- Tarkoituksena mahdollistaa korkeaenergistien alkeishiukkasten aiheuttama ionisaatio säiliön hiukkasissa
- Säiliön hiukkaset toimivat nukleaatioytiminä alkoholille, jolloin syntyy havaittavia pisaravanoja

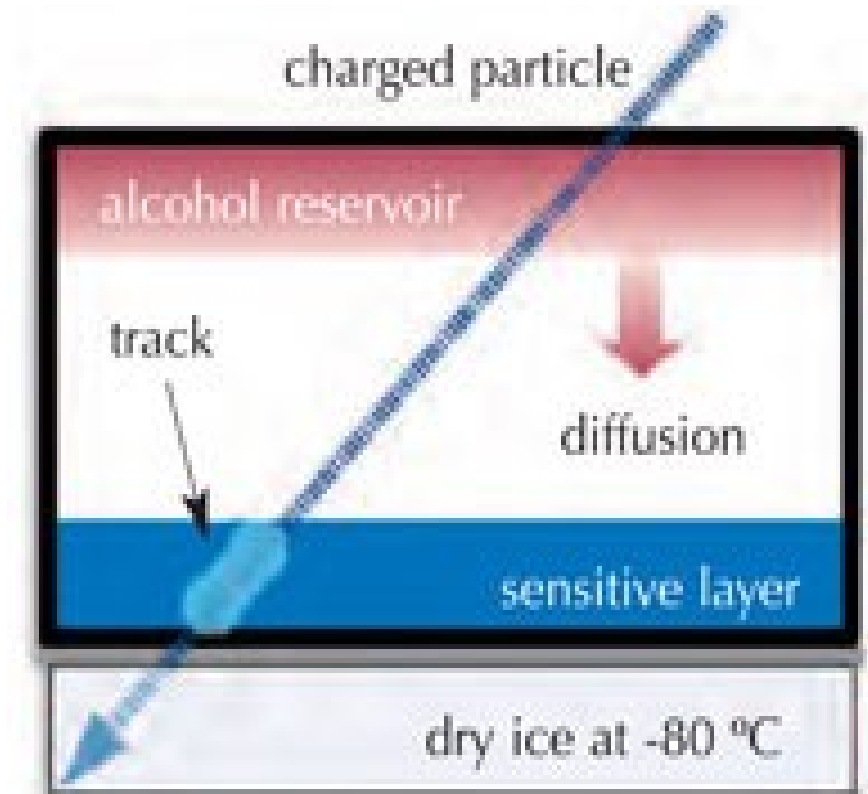


Barradas-Solas, Alameda, Meléndez:
Bringin particle physics to life: build your
own cloud chamber, *Science in School*,
2010

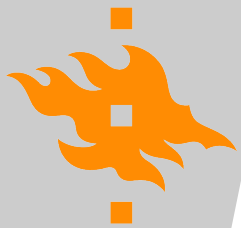


Tutkimuksen toteutus

- Säiliön yläosassa alkoholiin (2-propanoli) kastettu pumpulikerros
- Säiliön alla ohut hiilidioksidijääkerros voimakkaan lämpötilagradientin synnyttämiseksi
- Säiliön päällä kuumaa vettä sisältävä paistinpannu T-gradientin tehostamiseksi

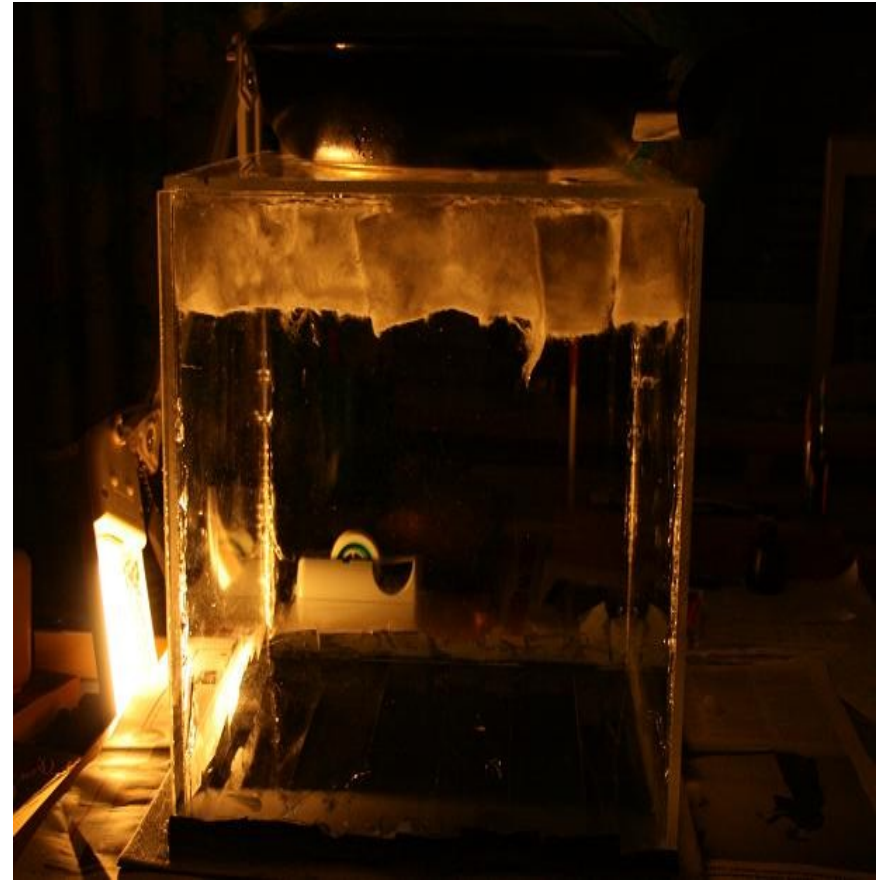


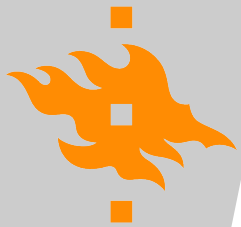
Barradas-Solas, Alameda, Meléndez:
Bringin particle physics to life: build your
own cloud chamber, *Science in School*,
2010



Tulokset ja johtopäätökset, osa 1

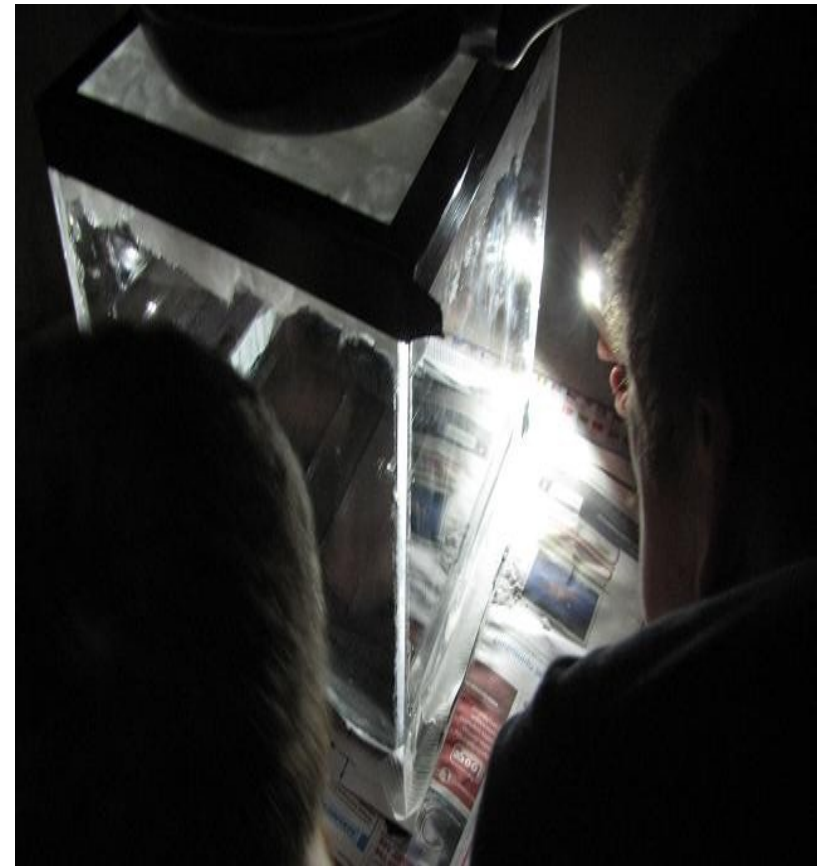
- Rakentaminen onnistui hyvin, samoin alaosan tiivistäminen
- Hiukkasten havaitseminen oli kuitenkin haastavaa: vasta noin 45 minuutin jälkeen säiliön alaosassa nähtiin pieniä, maksimissaan noin 1.5 cm mittaisia, ohuita lankamaisia alkoholihientymiä





Tulokset ja johtopäätökset, osa 1

- Käytetty alkoholimäärä, hieman alle 100 ml, oli kuitenkin luultavasti riittämätön
- Yläosan saumat tiivistettiin vain sisältä
- Säiliön pohjassa nähtiin yhteen suuntaan etenevä virtaus → säiliö ei luultavasti sijainnut alustallaan täysin tasaisesti





Tulokset ja johtopäätökset, osa 1

- Parannettavia ongelmakohtia: Alkoholin määrää lisättävä, yläosan saumausta parannettava ilmatiiviuden takaamiseksi
- Parempi tulos saataneen kuitenkin pienemmällä ilmaisimella, jossa alkoholin ylikylläisyystilan saavuttaminen on nopeampaa ja kuivajää ei ehdi sulaa
- Pohdittiin laitteiston käyttökelpoisuutta hiukkasten tunnistukseen: Paljastaako hiukkasen tulokulma hiukkaslajin (myonien vuo tulokulman funktiona $\sim \cos^2$)?



Tulokset ja johtopäätökset, osa 2

- Yläosan saumat tiivistettiin silikonilla
- Alkoholin määrää lisättiin runsaasti (uuteen yritykseen käytettiin kaikki jäljellä oleva 200 ml), samoin pumpulia
- Alkoholi kuitenkin kasteli liitoskohdat ja ilmatiiviiden takaaminen hankaloitui
- Säiliöön syntynyt sumu oli kuitenkin alusta lähtien tiheämpää kuin edellisellä yrityksellä ja levisi laajemmalle alueelle heti alusta alkaen – jopa ilman lämpötilagradientin tehostusta
- Sumuvanojen muodostuminen kesti kuitenkin jälleen 15-20 minuuttia



Tulokset ja johtopäätökset, osa 2

- Vanoja nähtiin aiempaa pidempinä (jopa noin 5-10 cm pitkiä) ja määrällisesti enemmän ($\sim 5 \text{ kpl}/(5 * \text{cm}^2 * \text{min})$)
- Lähes kaikki vanat olivat kuitenkin varsin tarkkaan pohjan tason suuntaisia. Mistä tämä johtuu?
- Jokainen havaintokerta maksoi noin 10e – mikä olisi kustannustehokkaampi ratkaisu? Jäähdytys hiilidioksijään sijaan säiliötä halkovilla nestetyppiputkilla?



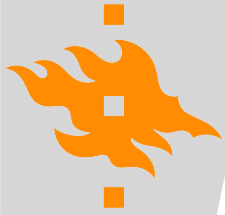
Liite: Tarvittava materiaali

- Pieni akvaario/pleksilasikuutio, noin 30x30x30 cm tai mielellään pienempi
- Runsaasti pumpulia
- Hieman alle 200 ml helposti haihtuvaa alkoholia, esim. isopropanolia (2-propanolia), havaintokertaa kohti
- Alkoholiin liukenematonta liimaa pleksien yhteenliimaamiseksi ja/tai pumpulin kiinnittämiseksi säiliön pohjaan
- Lasitussilikonia säiliön saumojen tiivistämiseen



Liite: Tarvittava materiaali

- Säiliön pohjan kokoinen alumiinilevy, jonka toinen puoli teipattu/maalattu kokonaan mustaksi
- 2 kg pieneksi murskattua hiilidioksidijäätä (eli kuivajäätä) noin 45 minuutin käyttöä varten
- Liikutettava lamppu säiliön valaisemiseksi



Leidenfrostin ilmiö

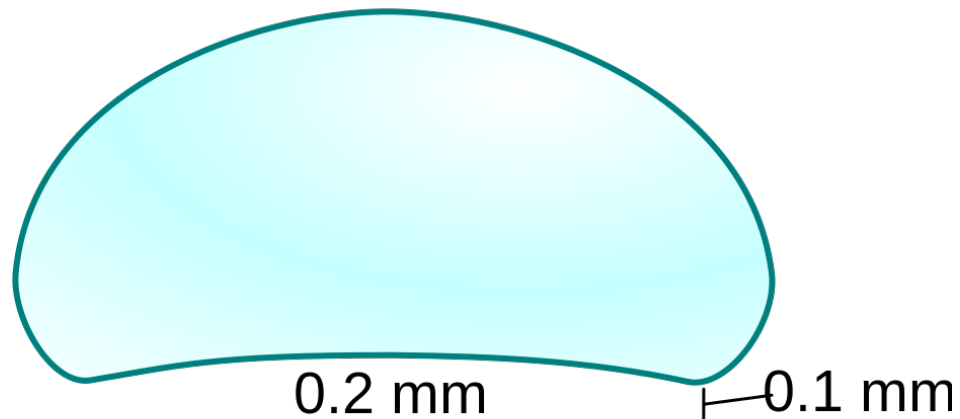
Timo J. Kärkkäinen, Daniel Landau
Salla-Maaria Latva-Äijö ja Eemeli Tomberg



Arkipäivän keittiöfysiikkaa

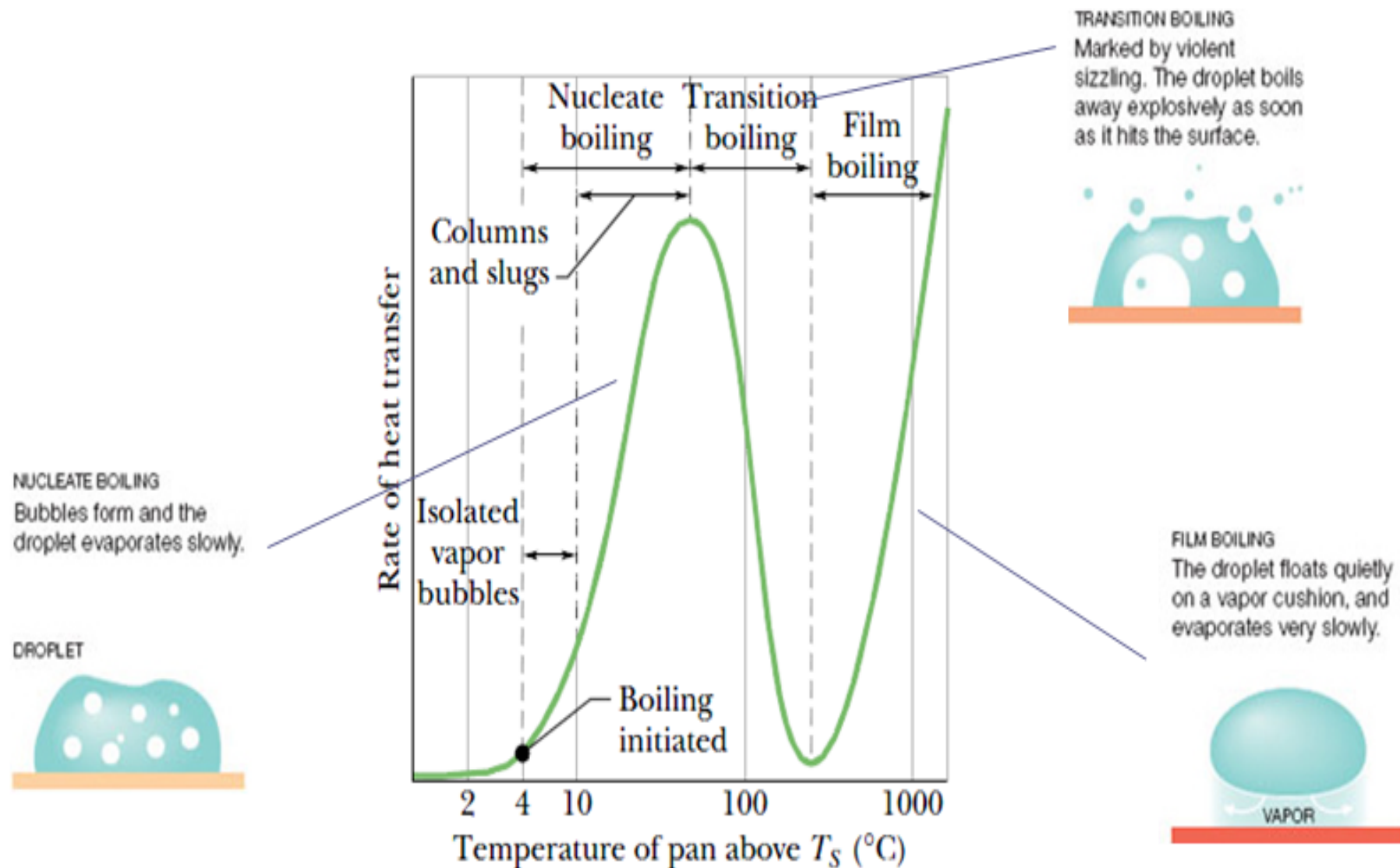
- Leidenfrostin ilmiössä nestepisara, joka on kuuman pinnan läheisyydessä, leijuu lämpöeristävän höyrykerroksen päällä. Tämä tapahtuu, kun pinnan lämpötila on huomattavasti nesteen kiehumispisteen yläpuolella.

Drop of liquid held up
by layer of vapor



Heat transfer for water (@ 1 atm)

S-shaped graph when heat flux (q'') is compared to temperature.





Tutkimuskysymyksen asettelu

$$\frac{q}{A_{min}} = Ch_{fg}\rho_v \left[\frac{\sigma g (\rho_L - \rho_v)}{(\rho_L - \rho_v)^2} \right]^{1/4}$$

Lämpövuoto

- Mikä on alin lämpötila, missä Leidenfrostin ilmiö tapahtuu vedelle?
- Tapahtuuko samalla jotakin muuta mielenkiintoista fysiikkaa?



▪ Lämpömittatila ja kiehumisaikamittaukset

- Lämpömittarin asteikon yläraja on 300° C
- Pisarat selvisivät ~ 1 s kun $T \approx 160$ °C
- Kun $T \geq 210$ °C niin pisarat selvisivät useita sekunteja
- Rajalämpötila on **Leidenfrostin piste.**

T(°C)	t(s)
127	1,0
139	1,0
150	0,8
160	0,8
180	0,8
190	1,0
200	1,2
210	1,7-2,3
220	1,4-4,0
230	6,0
240-260	4,0-8,0
270-280	7,0
300	9,0
H	80



Huoneen pituuden määrittäminen äänen resonanssitaajuuden avulla

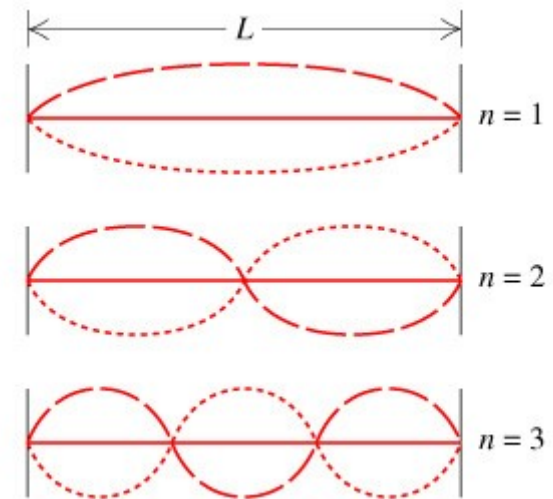
Daniel Landau, Jere Remes,
Tuomas Talka ja Anton Saressalo



Tutkimuskohteen esittely

- Ääni on väliaineessa eteneviä painevaihteluita
- Ihmisen kuuloalue ~ 20 Hz – 20 kHz
- Ääni kulkee ilmassa NTP-olosuhteissa vakionopeudella 343 m/s

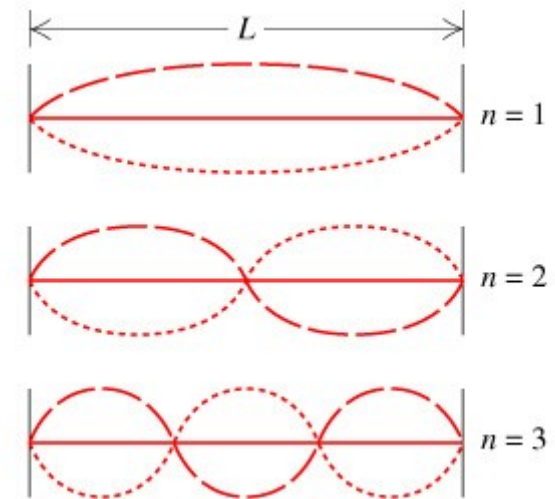
$$c = f \lambda$$





Tutkimuskysymyksen asettelu

- Tavoitteena määrittää huoneen pituus ja leveys seisovien aaltoliikkeiden avulla.
- Tutustutaan sinimuotoisen ääniaallon tuottamiseen Octavella/Matlabilla.
- Tuotetaan myös melodioita siniaaltoja tuottavan Octave-script:n avulla.



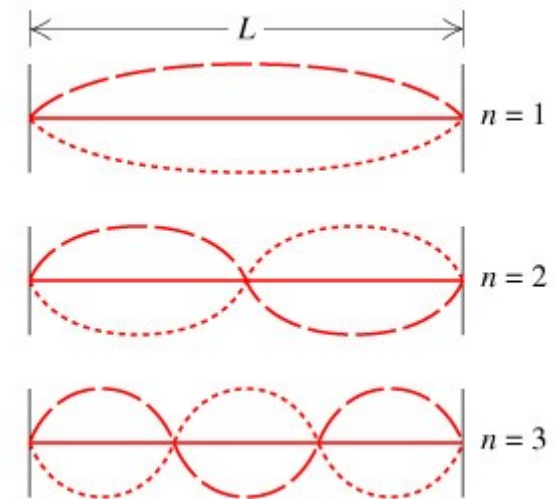


Tutkimuksen toteutus

- Sijoitettiin kaiuttimien bassoelementti keskelle huonetta. (Sijainnilla ei ole merkitystä resonanssin havaitsemiseen.)
- Tuotettiin Octavella siniaaltoa eri taajuuksilla
- Teorian mukaan seisova aalto syntyy kun

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

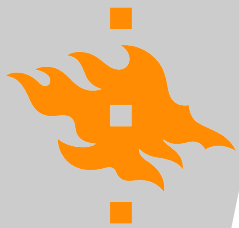
$$\lambda = \frac{nL}{2}$$





Mittaukset

- Huoneen pituudeksi mitattiin mittanauhalla 2,90 m
- Haarukoimalla tietokoneella tuotettuja siniaaltoja määritettiin huoneen resonanssitaajuudeksi 113 Hz
- Tästä voidaan laskea huoneen pituudeksi 3,04 m
- Yritimme mitata myös huoneen muut dimensiot, mutta ikkunat ja irtaimisto häiritsivät mittauksia liikaa.



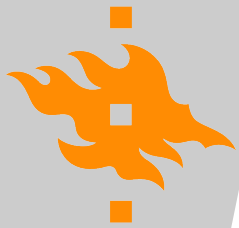
Musiikin tuottaminen ohjelmallisesti

- Siniaalloilla toimivan musiikkisoittimen Octave-script

The screenshot shows a Linux desktop environment with a dark theme. The top panel displays system icons and the date 'la 12. toukokuuta 17.14'. The main workspace contains three windows:

- soita.m**: A script defining a function `soita` that takes a vector of notes and produces sound. The function uses `transpose` for note durations, a `for` loop to process notes, and `sin` for wave generation. Comments describe the parameters and the use of `pi`.
- Terminal**: Shows the execution of `octave -q` and the command `soita(duuri)` being run.
- duuri.m**: A script defining a function `duuri` that returns the note vector `[1,5,8,13]`.

The bottom status bar shows the current window is 'Octave' and provides additional context like 'Sarkaimen leveys: 4', 'Rvi 2, Srke 25', and 'LISÄÄ'.



Tulokset ja johtopäätökset

- Seisovat aallot antavat olosuhteisiin ja laitteistoon nähden hyvän arvion huoneen koosta.
- Mittaustulosta voisi parantaa poistamalla huoneesta kaiken ylimääräisen ja muokkaamalla sen säännöllisen muotoiseksi.
- Octaven avulla tuotettuja ääniä voi käyttää tieteelliseen tutkimukseen ja myös musiikin tekeminen on mahdollista.