

TAINA MAKKONEN • PILVI SIHVONEN

# iloa ilmiöistä



OPETUSHALLITUS

© Opetushallitus ja tekijät

Kansi: Elvi Turtiainen

Kuvat: Ville Makkonen

Graafinen suunnittelu: Layout Studio Oy/Marke Eteläaho

ISBN 952-13-0329-8 (nid.)

ISBN 952-13-1464-8 (pdf)

Hakapaino Oy, Helsinki 1998

# SISÄLTÖ

ESIPUHE	5
<b>KAPPALEET LIIKKEESSÄ JA TASAPAINOSSA</b> .....	<b>7</b>
OPETTAJAN ALKUPALAT	7
1. KAPPALEET	9
1.1 Avointa luokittelua	9
1.2 Erimuotoiset ja samanmuotoiset kuviot sekä kappaleet	10
1.3 Pituuksia	11
1.4 Pinta-aloja	11
1.5 Tilavuuksia	12
1.6 Eripainoiset kappaleet	13
MONISTEPOHJA 1.2 Samanmuotoiset kuviot	15
MONISTEPOHJA 1.4–5 Arviointia ja mittaamista	17
MONISTEPOHJA 1.6 Erilaisia painoja	18
2. VUOROVAIKUTUS	19
3. ERILAISIA LIIKKEITÄ	22
3.1 Avointa liikkeiden tutkimista	22
3.2 Putoamisliike	23
3.3 Kitka	23
MONISTEPOHJA 3.3 Kitka	26
4. KAPPALE TASAPAINOSSA	27
MONISTEPOHJA 4. Kappale tasapainossa	32
<b>SÄHKÖ</b> .....	<b>34</b>
OPETTAJAN ALKUPALAT	34
1. LAMPPU PALAMAAN	36
MONISTEPOHJA 1. Milloin lamppu palaa?	40
2. SÄHKÖN LÄHTEITÄ	41
MONISTEPOHJA 2. Omatekoinen paristo	42
3. JOHTEET JA ERISTEET	43
MONISTEPOHJA 3. Johteet ja eristeet	45
4. ERILAISIA KYTKENTÖJÄ	47
MONISTEPOHJA 4. Erilaisia kytkentöjä	49
MONISTEPOHJA 5. Sovelluksia	50
6. SÄHKÖÄ HANKAAMALLA	52
MONISTEPOHJA 6. Sähköä hankaamalla	55
7. ELEKTROSKOOPPI ELI SÄHKÖVARAUKSEN TUNNISTIN	57
MONISTEPOHJA 7. Elektroskooppi eli sähkövarauksen tunnistin	60
<b>MAGNETISMI</b> .....	<b>63</b>
OPETTAJAN ALKUPALAT	63
1. MAGNEETTIIEN VUOROVAIKUTUKSET	65
MONISTEPOHJA 1. Magneettien vuorovaikutukset	68
2. AINEIDEN MAGNEETTISTEN OMINAISUUKSIEN LUOKITTELU	70
MONISTEPOHJA 2. Aineiden magneettisten ominaisuuksien luokittelu	72
3. AINEEN MAGNETOINTI	73
MONISTEPOHJA 3. Aineen magnetointi	75

4.	MAGNEETTIKENTTÄ	76
	MONISTEPOHJA 4. Magneettikenttä	78
5.	MAAN MAGNEETTIKENTTÄ	80
6.	SÄHKÖMAGNETISMI	83
	MONISTEPOHJA 6. Sähkömagnetismi	86
<b>LÄMPÖ</b> .....		<b>88</b>
	OPETTAJAN ALKUPALAT	88
1.	LÄMPÖAISTIMUKSIA	91
2.	ARVIOINTIA JA MITTAAMISTA	94
	MONISTEPOHJA 2. Arviointia ja mittaamista	96
3.	LÄMMÖN JOHTUMINEN	98
	3.1 Johtumistutkimus	98
	3.2 Eristystutkimus	99
4.	LÄMPÖSÄTEILYÄ	101
	4.1 Lämpösäteilyä	101
	4.2 Musta vai valkoinen T-paita?	102
	MONISTEPOHJA 4. Musta vai valkoinen T-paita?	103
5.	LÄMMÖN KULKEUTUMINEN	104
	5.1 Ilma kuljettaa lämpöä	104
	5.2 Vesi kuljettaa lämpöä	105
6.	LÄMPÖ LAAJENTAA – KYLMÄ KUTISTAA	106
	6.1 Nesteet	106
	6.2 Kaasut – ilmakein laajenee	108
	6.3 Kiinteät aineet	108
7.	AINEEN OLOMUODOT	109
	MONISTEPOHJA 7. Aineen olomuodot	111
<b>ÄÄNI</b> .....		<b>112</b>
	OPETTAJAN ALKUPALAT	112
1.	ÄÄNEN SYNTYMINEN JA VASTAANOTTAMINEN	114
2.	ÄÄNEN OMINAISUUKSIA	116
	2.1 Erikorkuisia ääniä	117
	2.2 Äänen huojunta	118
	2.3 Dopplerin ilmiö	119
3.	ÄÄNEN ETENEMINEN	120
<b>VALO</b> .....		<b>124</b>
	OPETTAJAN ALKUPALAT	124
1.	VALO JA VARJO	126
2.	VALON HEIJASTUMINEN	128
	MONISTEPOHJA 2. Valon heijastuminen	131
3.	VÄRIT	133
	MONISTEPOHJA 3. Värit	135
4.	VALON TAITTUMINEN	136
5.	PEILIT	139
	MONISTEPOHJA 5. Peilit	142
6.	LINSSIT	144

# ESIPUHE

## Kenelle kirja on tarkoitettu?

Kirja on ensisijaisesti luokanopettajan opas. Sen käyttö ei vaadi esitietoja fysiikasta, sillä kaikki ilmiöt selityksineen on käsitelty yksityiskohtaisesti. Opasta voidaan käyttää myös yläasteella fysiikan ilmiöiden perushahmotuksessa.

## Miksi fysiikan opiskelu kannattaa aloittaa jo ala-asteella?

Fysiikan tutkiminen alkaa aina luonnosta ja lähiympäristöstä. Ympäristö on jokaiselle koululaiselle tuttu ja läheinen asia, josta on helppo lähteä hahmottamaan fysiikan ilmiöitä. Jo alle kouluikäiset lapset tekevät luonnostaan havaintoja elinympäristöstään ja pohtivat, mistä ilmiöt johtuvat. Fysiikan järjestelmällinen tutkiminen edistää lapsen havaintokykyä, loogista ajattelua, kykyä jäsentää ympäristöä ja sen ilmiöitä sekä ymmärtää ilmiöiden syitä ja seurauksia.

## Oppaan lähestymistapa

Oppaan tekijät ovat mukana Helsingin yliopiston didaktisen fysiikan tutkimusryhmässä, joka tutkii ja kehittää fysiikan opetusta. Opas on osa ryhmän *hahmot-tavan lähestymistavan* projektia. Lähestymistavan mukaan fysiikan oppimisen luonnollinen kulku vastaa läheisesti tapaa, jolla lapsi oppii äidinkieltään. Oppiminen alkaa yksinkertaisten asioiden hahmottamisesta ja nimeämisestä. Hahmotusprosessin edetessä asiat saavat laajempia merkityksiä, ja niiden välillä havaitaan uusia yhteyksiä. Fysiikassa tiedon alkulähteenä on luonto itse. Kokeiden avulla oppijoita kasvatetaan tekemään havaintoja ja oletuksia, mittaamaan, suunnittelemaan koejärjestelyjä, tulkitsemaan tuloksia ja luottamaan omiin havaintoihinsa. Fysiikan oppiminen on prosessi, jossa jokaisella kokeella on oma paikkansa. Kirjassa ei siten esitetä irrallisia kokeita, vaan se etenee johdonmukaisesti kokeesta toiseen.

## Oppaan käyttö

Opas sisältää paljon aineistoa, joka on tarkoitettu vain opettajalle. Erityisesti tällaisia alueita ovat osioiden alussa olevat *Opettajan alkupalat* sekä kokeiden lomassa esitetyt selitysten tarkennukset eli *Miksi näin?* -kohdat. On huomattava, että oppilaalle ei kannata kertoa sellaisia asioita tai käyttää sellaista terminologiaa, joille oppilaalla ei ole minkäänlaisia merkityksiä. Tällaisia käsitteitä ovat muun muassa atomi, molekyyli, elektroni sekä äänen ja valon aaltoliikeluonne.

Oppaan osien käsittely voidaan aloittaa missä järjestyksessä tahansa. Olen-  
naista on, että kunkin osan sisältö käydään läpi oikeassa järjestyksessä. Nuorim-  
pien oppilaiden kanssa voidaan käsitellä esimerkiksi vain osien alkupuoliskot.  
Kokeiden alussa kannattaa muistaa oletuksien eli hypoteesien tekeminen ja lo-  
pussa kokeiden koonti ja tehtyjen hypoteesien tarkistaminen.

Kokeiden ohessa esitetään runsaasti kysymyksiä ja keskustelunaiheita, jotka  
johdattavat aiheeseen tai täydentävät kokeen käsittelyä. Opettajan työn helpotta-  
miseksi oppaassa on lisäksi valmiita monistepohjia, joiden avulla oppilaiden työs-  
kentely sujuu itsenäisestikin.

## **Kiitokset**

Erityisesti kiitämme professori Kaarle Kurki-Suonioita hänen arvokkaasta  
avustaan kirjan ideoinnissa ja tarkistamisessa. Haluamme kiittää myös Meri  
Lumelaa Jyväskylän Pupuhuhdan ala-asteelta sekä Virpi Poikolaista ja Marja  
Harmosta Jakomäen ala-asteelta kirjan eri osien kokeiluttamisesta.

# KAPPALEET LIIKKEESSÄ JA TASAPAINOSSA

## OPETTAJAN ALKUPALAT

Maailma on täynnä erilaisia ja erikokoisia kappaleita. Kappaleet voivat liikkua pyörien, vierien, värähdellen tai liukuen ja kulkea suoraan tai mutkitellen. Liike liittyy lähes kaikkeen ympärillä olevaan, mutta kappaleet voivat myös pysyä paikallaan.

Kappaleiden välillä on erilaisia vuorovaikutuksia. Vuorovaikutukseksi sanotaan kahden tai useamman kappaleen vaikutusta toisiinsa, erityisesti niiden vaikutusta toistensa liikkeisiin. Puhutaan kosketus- ja etävuorovaikutuksista. Kosketusvuorovaikutuksissa kappaleet koskettavat toisiaan. Esimerkiksi kitka on vuorovaikutus, joka vaikuttaa autonrenkaiden ja maanpinnan välillä. Tämä vuorovaikutus mahdollistaa renkaiden ja siten auton liikkeen. Sama vuorovaikutus vaikuttaa myös tiehen. Tie ei voi liikkua, koska se on kiinni maassa, ja maapallo on kuitenkin niin suuri, ettei se liikahta minnekään auton lähtiessä. Jos auto lähtisi liikkeelle suuren irtonaisen levyn päältä, joka on riittävän liukkaalla alustalla, auto ja levy lähtisivät vastakkaisiin suuntiin.

Etävuorovaikutuksessa kappaleet vetävät tai hylkivät toisiaan koskettamatta toisiaan. Etävuorovaikutusta on helpoin havainnollistaa kahden magneetin tai kahden sähköisesti varatun kappaleen avulla. Painovoima eli gravitaatio on kolmas tunnettu etävuorovaikutus, jonka takia esim. kappaleet putoavat Maahan.

Painovoima vaikuttaa kaikkien kappaleiden välillä. Se on kuitenkin niin heikko, että se näkyy vain, kun ainakin toinen kappale on hyvin suuri, kuten Maa tai Aurinko. Taivaankappaleiden liikkeitä tutkimalla Newton oivalsi, että kysymyksessä on vuorovaikutus, joka vaikuttaa aina molempiin osapuoliin. Kuitenkin kappaleen pudotessa vain kappaleen liike näkyy. Maa on niin suuri, ettei se hievahtakaan. Itse asiassa ei ole mitään keinoa havaita voimaa, jolla kappale vetää Maata. Sen olemassaolo tiedetään vain sillä perusteella, että vuorovaikutus vaikuttaa aina yhtä voimakkaasti kumpaankin osapuoleen.

Tässä osassa tutkitaan ensin erilaisia kappaleita. Kappaleita hahmotetaan ja jaotellaan niiden koon ja muodon mukaan. Tämän jälkeen tutkitaan, miten eri kappaleet liikkuvat ja miten niiden ominaisuudet ja vuorovaikutukset vaikuttavat niiden liikkeisiin. Lisäksi tutkitaan tilanteita, joissa kappale ei liiku eli on tasapainossa.

## TÄSSÄ JAKSOSSA TARVITTAVIA VÄLINEITÄ

- erilaisia tasokappaleita, kuten A4-paperiarkkeja, kiiltokuvia, tarroja, pelikortteja
- erilaisia kolmiulotteisia kappaleita, kuten palloja, kirjoja, kiviä, taulusieniä, herneitä, mukeja
- erilaisia vaakoja
- jokin noin kilogramman painoinen kappale
- narua
- kuminauhaa
- kierrejousi
- kalteva taso (sileälevy)
- höyheniä
- suodatinpussi
- niin kutsuttuja kitkakappaleita (samankokoisia puukappaleita, joihin on kiinnitetty liimaamalla tai ruuvaamalla esimerkiksi hiekkapaperia, kangasta, metallia, muovia ja puuta) tai muita esineitä, jotka päällystetään erilaisilla materiaaleilla
- sinitarraa
- hiekkapaperia
- kaksi muovipulloa
- hiekkaa
- tasapainokappaleita
- kynä tai muu terävä esine
- lankaa ja pieni paino
- pingispalloja
- magneetteja
- piirtoheitinkalvoja
- kaksi rullalautaa
- köysi
- pitkiä viivoittimia (mielellään 50 cm)
- talouspaperirullia
- kolikkoja

# 1. KAPPALEET

## Tavoitteet

- Opitaan jaottelemaan kappaleita erilaisiin ryhmiin niiden ominaisuuksien mukaan.
- Opitaan arvioimaan ja mittaamaan kappaleiden pituuksia, pinta-aloja, tilavuuksia ja painoja.

## Välineet

- erilaisia “tasokappaleita”, kuten A4-paperiarkkeja, pahvia, kiiltokuvia, tarroja, pelikortteja
- erilaisia kolmiulotteisia kappaleita, kuten palloja, kirjoja, kiviä, taulusieniä, herneitä, mukeja
- erilaisia vaakoja
- jokin noin kilogramman painoinen kappale

## Tutkimusprosessi

### 1.1 AVOINTA LUOKITTELUA

Tämän tehtävän tarkoituksena on kehittää oppilaan omaa havainnointikykyä ja luokittelutaitoa. Tehtävään avoin, jolloin kaikki hyvin perustellut ratkaisut ovat aina yhtä oikeita.

Kerätään luokasta ja ympäristöstä mahdollisimman monta erilaista kappaletta. Oppilaille annetaan tehtäväksi järjestää ne haluamiinsa ryhmiin. Mukaan on hyvä ottaa kappaleita myös luonnosta, esimerkiksi käpyjä, oksia ja kiviä.

Havaitaan, että kappaleita voidaan jakaa erilaisiin ryhmiin monella tavalla.

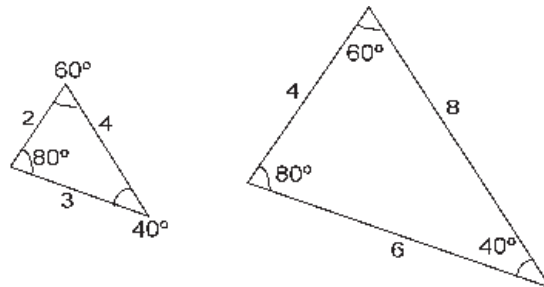
Mahdollisia jakoja ovat esimerkiksi

- pienet – suuret
- painavat – kevyet
- eriväriset
- erimuotoiset

Pohditaan erilaisiin jaotteluihin johtaneita syitä ja pyydetään oppilaita perustelemaan jaottelunsa.

## 1.2 ERIMUOTOISET JA SAMANMUOTOISET KUVIOT SEKÄ KAPPALEET

- a) Opettaja voi leikata oppilaille valmiiksi pahvista keskenään erimuotoisia ja samanmuotoisia kuvioita. Kappaleet ovat samanmuotoisia silloin, kun niiden vastinkulmat ovat yhtä suuria ja vastinsivut suhteessa yhtä pitkiä. (Vastaava matemaattinen termi on yhdenmuotoinen.)



Oppilaita pyydetään jaottelemaan kuviot niiden muodon mukaan. Jaottelun jälkeen oppilaat kuvailevat omin sanoin niitä syitä, joiden perusteella jaottelu on tehty. Oman jaottelun jälkeen oppimista voidaan ohjata myös monistepohjan avulla.

Etsitään ympäristöstä samanmuotoisia kuvioita (kasvien lehdet ja kukat, rakennusten ikkunat, piirtoheitinkalvolla oleva kuva ja vastaava kuva varjostimella).

- b) Tasokuvioiden jälkeen tutkitaan kolmiulotteisia kappaleita.

Havaitaan, että kappaleet voidaan jakaa esimerkiksi pyöreisiin, soikeisiin, kulmikkaisiin tai pitkulaisiin ryhmiin. Kiinnitetään huomiota myös luonnon omien kappaleiden, kuten kivien, käpyjen ja puun lehtien samanmuotoisuuteen.

Pohditaan, voidaanko esimerkiksi golfpallo ja tavallinen jalkapallo laittaa samaan ryhmään, vaikka golfpallossa on pientä kulmikkautta? Kuuluuko amerikkalainen jalkapallo muiden pallojen kanssa samaan ryhmään? Voidaanko paperi, oppikirja ja taulusieni asettaa keskenään samaan ryhmään? Mihin ryhmään kolmiovivoitin kuuluu?

Tässä yhteydessä voidaan puhua yleisistä pinta-alan ja tilavuuden rakenneyksiköistä (esimerkiksi jana, neliö, kuutio, ympyrä, pallo, kolmio). Tutkimista voidaan jatkaa käsittelemällä myös karttoja ja talojen pohjapiirustuksia.

Monistepohjassa on piirrostehtäviä, joissa kuvioita suurennetaan kaksinkertaisiksi.

### Vastaukset

- a) ovat
- b) ovat
- c) eivät ole
- d) ovat
- e) eivät ole
- f) ovat

### 1.3 PITUUKSIA

Arvioidaan erilaisia etäisyyksiä ja keskustellaan lyhyistä ja pitkistä matkoista:

- Kuinka pitkä on koulumatkasi?
- Kuinka pitkä matka on mummolaan, entä Tukholmaan, Afrikkaan tai Kuuhun?
- Kuinka pitkä on luokkahuone, pulpetti tai kynä? Entä riisinjyvä?
- Kuinka leveä on ikkuna, ovi tai tie?
- Kuinka korkea on pihapuu, koulutalo tai korkein tuntemasi rakennus?
- Kuinka korkealla on korkein paikka, jossa olet käynyt?
- Kuinka kaukana Suomesta olet käynyt?

Pohditaan, miten erilaisia etäisyyksiä kannattaa mitata. Milloin kannattaa käyttää mittanauhaa, auton matkamittaria tai viivoitinta? Arvioidaan ensin ja mitataan sitten joitakin lähiympäristöstä löytyviä pituuksia. Mitataan vielä käyrän, mutkittelevan viivan pituus. (Apuna voi käyttää lankaa.)

Keskustellaan myös pituuden yksiköistä. Etäisyyksiä voidaan mitata tunnettujen yksiköiden, kuten metrin ja senttimetrin, sijasta askeleen tai jonkin esineen mitalla. Luokkahuoneen pituus voi olla esim. 20 puukepillistä. Yleisesti käytössä olevat mittayksiköt ovatkin kansainvälisesti sovittuja.

Mitataan esimerkiksi koulun käytävän pituus sekä askelmitalla että mittanauhalla. Arvioidaan oppilaiden askeleen pituus metreinä tai senttimetreinä. Mitataan muita matkoja askelmitan avulla ja muutetaan askeleet metreiksi tai senttimetreiksi.

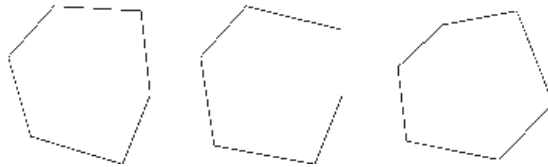
### 1.4 PINTA-ALOJA

- a) Ensimmäin arvioidaan ja sitten mitataan, kuinka monta A4-paperia mahtuu luokan taululle vierekkäin. Entä kuinka monta kiiltokuvaa mahtuu A4-paperille? Kuinka monta A4-paperia mahtuu vierekkäin koko koulun lattioille?

Kappaleiden kokoja voidaan vertailla ja mitata valitsemalla jokin mittayksikkö. Yksikkönä voi toimia esimerkiksi jokin muu kappale, kuten tietynkokoinen paperinpalanen. Pohditaan, millainen mitan pitäisi olla, jotta saataisiin hyvä tulos. Reunoiltaan epätasainen kiiltokuva ei ole samanmuotoinen paperin kanssa, joten se ei sovellu paperin koon määrittämiseen.

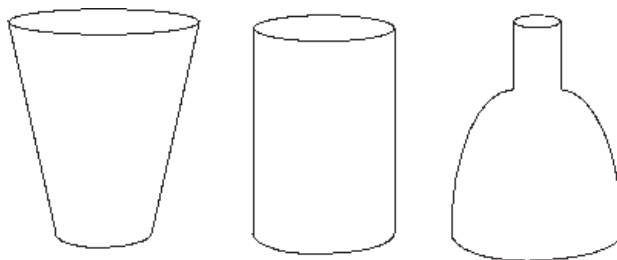
Pohditaan, miten mittaus olisi järkevää järjestää. Olisiko mahdollisesti jokin muu mittayksikkö parempi? Olisiko järkevää mitata ensin yhden luokkahuoneen koko A4-paperien avulla ja pohtia, kuinka monta luokkahuoneen lattiaa mahtuu koko kouluun?

- b) Joskus kuviot ovat niin samankokoisia, että niiden aloja on vaikea verrata toisiinsa edellisen kohdan menetelmällä. Verrataan erimuotoisten, lähes samankokoisten pahvista leikattujen kuvioiden kokoja. Miten voidaan mitata, mikä kuvioista on suurin? Ongelma voidaan ratkaista punnitsemalla kuviot esimerkiksi kirjevaa'alla tai tarkalla talousvaa'alla. Kuvioiden päälle voidaan asettaa myös ruudutettu kalvo, jolloin kuvioiden koko määritetään laskemalla kuvion päällä olevat ruudut.



## 1.5 TILAVUUKSIA

- a) Arvioidaan ja tutkitaan, kumpi kahdesta erimuotoisesta astiasta on suurempi. Miten suuruuksien vertailu kannattaa tehdä?



Toinen astia täytetään vedellä ja vesi kaadetaan toiseen astiaan. Valuuko vesi yli reunojen vai jääkö astia vajaaksi? Jos ylimenevä vesi otetaan talteen, voidaan esimerkiksi desilitran mitalla määrittää, kuinka paljon suurempi toinen astia on.

- b) Jatketaan tutkimusta pohtimalla, miten veden ja astian avulla voidaan verrata esimerkiksi kahden kiven suuruutta. Ensin merkitään veden pinnan raja astian kylkeen. Toinen kivi pudotetaan astiaan ja mitataan, kuinka paljon veden pinta on noussut. Toistetaan mittaus toisella kivellä.

Kauan sitten antiikin Kreikassa eli Arkhimedes-niminen tutkija, jolle Syrakusan ruhtinas oli antanut tehtäväksi selvittää, oliko hänen uusi kultainen kruununsa täyttä kultaa. Ratkaistakseen ongelman Arkhimedeen täytyi selvittää kruunun tilavuus. Hän pohti pohtimistaan, mutta ei löytänyt ratkaisua. Eräänä päivänä Arkhimedes päätti mennä kylpyyn ja täytti ammeen piripintaan. Hänen istuutuessaan ammeeseen osa vedestä valui reunojen yli. Tästä Arkhimedes oivalsi, miten hän voi ratkaista kultaisen kruunun ongelman. Jos kruunun upottaa täpötäyteen vesiastiaan, ylimenevän veden tilavuus on sama kruunun tilavuuden kanssa. Oivalluksestaan innostunaan Arkhimedeen kerrotaan sännänneen ylös ammeesta ja juosseen ilkosillaan pitkin Syrakusan katuja huutaen "Heureka, Heureka, minä keksin sen!".

- c) Arvioidaan ja mitataan, kuinka monta mukia mahtuu vierekkäin pulpettiin.  
Kuinka monta hernettä mahtuu mukiin?  
Kuinka monta hernettä mahtuu pulpettiin?

Miten voitaisiin arvioida, kuinka monta omenaa mahtuu elefanttiin? Olisiko jär-  
kevää käyttää toista mittayksikköä?

Mikä on suurin ja mikä pienin kappale, jonka tiedät?

## 1.6 ERIPAINOISET KAPPALEET

### Paino ja massa

Kappaleen paino tarkoittaa sitä, kuinka paljon kappale painaa. Oikeastaan se on voima, jolla Maa vetää kappaletta. Fysiikassa voiman, siis myös painon, yksikkö on newton (1 N). Massa kuvaa kappaleen toista ominaisuutta, niin kutsuttua hitautta, joka tarkoittaa kappaleen kykyä vastustaa sen liiketilan muutosta. Yleisesti painon yksikkönä käytetään kuitenkin kilogrammaa, joka on fysiikassa massan yksikkö. Päivittäisessä kielenkäytössä massan käsitettä ei tarvita. Paino ja massa ovat siis kaksi eri ominaisuutta. Niiden eron voi havaita esimerkiksi siitä, että raskaskin kappale, kuten auto, saadaan helposti työntämällä liikkeelle, mutta sen nostaminen on mahdotonta. Kuussa kappale painaa vähemmän kuin Maassa, mutta sen massa on sama. Koska Kuu on paljon pienempi kuin Maa, sen vuorovaikutus on vastaavasti heikompi, eli se vetää kappaletta pienemmällä voimalla. Massalla kuvataan usein myös aineen määrää. Oppilaille painon ja massan eron selvittäminen peruskoulussa on turhaa. Yleisesti voidaan siis puhua kappaleen painosta ja käyttää yksikkönä kilogrammaa.

- a) Oppilaat tunnustelevat, kuinka paljon painaa jokin yhden kilogramman painoinen esine. Arvioidaan eri kappaleiden, kuten pienen vauvan, luokkakaverin tai auton painoa kilogrammoina. Oppilaiden etenemistason mukaan voidaan puhua myös grammoista ja arvioida esimerkiksi hedelmien, pienten kivien tai kynien painoja.

Keskustellaan, miten paljon hyvin pienet ja hyvin suuret kappaleet painavat.

### E s i m e r k k e j ä

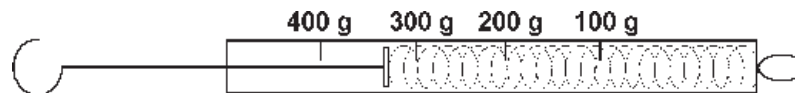
kirjekuori	5–10 g
strutsin muna	1,5 kg
henkilöauto	1 000–2 000 kg
virtahepo	1 500–3 000 kg
autolautta	10 000 000 kg

### Taivaankappaleiden massat

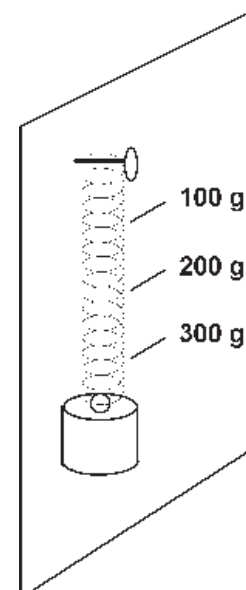
Taivaankappaleita, kuten Maata, Kuuta ja Aurinkoa, ei voida punnita millään vaa'alla. Maan massan arvioi ensimmäisenä Isaac Newton 1600-luvulla. Hän tiesi Maan ympärysmitan ja laski sen avulla Maan tilavuuden. Hän arvioi, että yksi litra maata painaa noin viisi kilogrammaa. Kerrottuaan yhtä litraa vastaavan massan Maan tilavuudella hän pääsi yllättävän lähelle Maan oikeata massaa. Nykyään taivaankappaleiden massat päätellään siitä, millaisilla voimilla ne vetävät toisiaan puoleensa.

- Maapallo                    6 000 000 000 000 000 000 000 kg
- Kuu                            70 000 000 000 000 000 000 kg
- Aurinko    2 000 000 000 000 000 000 000 000 000 kg

- b) Opetellaan punnitsemaan kappaleita erilaisten vaakojen avulla (henkilövaaka, talousvaaka, kirjevaaka). Tutkitaan, kuinka painavia tai kevyitä kappaleita kullakin vaa'alla voidaan punnita. Pohditaan, miten esimerkiksi virtahevon tai pienen leivänmurun paino voitaisiin mitata. (Hyvin kevyiden ja raskaiden kappaleiden punnitsemiseen on kehitetty omat vaakansa.)
- c) Oppilaiden kannattaa tutustua jousivaakaan, sillä se on yksinkertainen painon mittari. Jousivaa'an jousi venyy sitä enemmän, mitä painavampi kappale siihen ripustetaan. Vaa'assa on newtonasteikko, joka kertoo kappaleen painon. Yksi newton vastaa sadan gramman massaa. Joissakin valmisvaa'oissa on merkitty sekä newton- että gramma-asteikot. Jos gramma-asteikko puuttuu, kannattaa se epäselvyyksien välttämiseksi kirjoittaa vaa'an kylkeen.



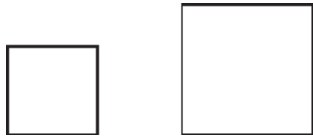
Luokkaan voidaan rakentaa oma jousivaaka kiinnittämällä jousi seinässä olevaan naulaan. Seinään kiinnitetään paperi, jouseen ripustetaan tunnettuja painoja ja vastaava venymäkohta merkitään paperiin. Viereen kirjoitetaan painon suuruus ja muodostetaan näin painoasteikko. Kannattaa valita sopivan jäykkäjousi ja siihen soveltuvat painot.



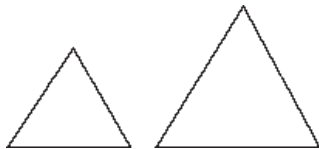
## 1.2 SAMANMUOTOISET KUVIOT

1. Pohdi, ovatko tehtävien kuvat keskenään samanmuotoisia.

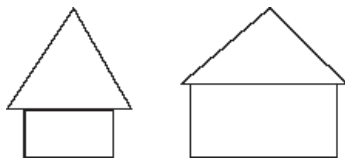
a)



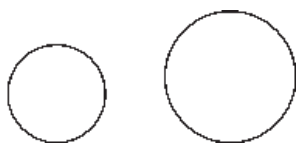
b)



c)



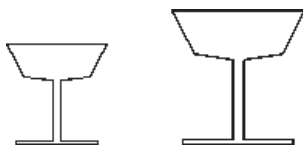
d)



e)



f)



2. Perustele, miksi kuvat ovat tai eivät ole samanmuotoisia. Etsi kuvioista yhtäläisyyksiä ja eroja.

3. Suurena valitsemasi kuvio kaksinkertaiseksi.

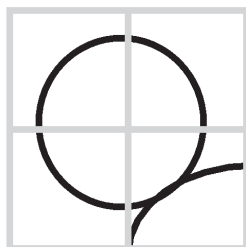
### Ohje

Piirrä vihkoosi ruudukko, jossa yksi mallikuvan ruutu on neljä ruutua. Kopioi ruutu kerrallaan kuvio kaksinkertaiseksi suurempaan ruudukkoon.

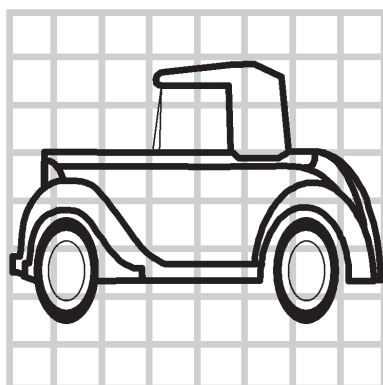
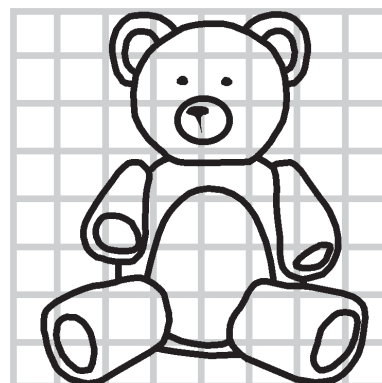
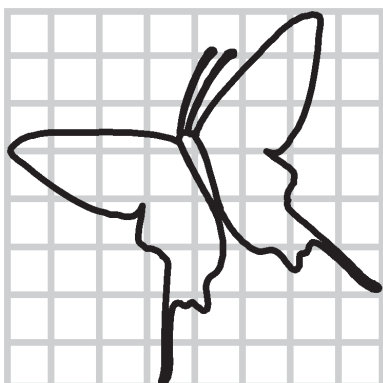
Malli



1 ruutu



4 ruutua



## 1.4–5 ARVIOINTIA JA MITTAAMISTA

### Välineet

- A4-paperiarkkeja
- kiiltokuvia tai tarroja
- herneitä
- muki

1. Arvioi ensin ja mittaa sitten seuraavat asiat:

a) Kuinka monta A4-paperia mahtuu luokan taululle vierekkäin?

arvio: ..... mittaustulos: .....

b) Kuinka monta kiiltokuvaa mahtuu A4-paperille? .....

2. Pohdi mittaustuloksiesi tarkkuutta. Miten tulosta voisi tarkentaa?

.....  
.....  
.....  
.....

3. Arvioi edellisten mittausten perusteella, kuinka monta A4-paperia mahtuu vierekkäin koko koulun lattioille? Miten mittaus olisi järkevintä tehdä?

.....  
.....  
.....  
.....

4. Arvioi ja mittaa:

a) Kuinka monta mukia mahtuu vierekkäin pulpettiin? .....

b) Kuinka monta hennettä mahtuu mukiin? .....

5. Arvioi edellisten mittausten perusteella, kuinka monta hennettä mahtuu pulpettiin.

.....  
.....



## 2. VUOROVAIKUTUS

### Tavoitteet

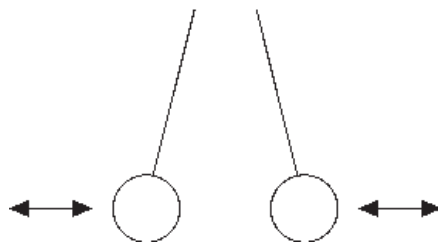
- Opitaan, että voimat aiheutuvat aina vuorovaikutuksista.
- Opitaan, että vuorovaikutus on aina kahden kappaleen välinen ja molemminpuolinen.
- Opitaan, että vuorovaikutukset aiheutuvat eri syistä ja ne nimetään sen mukaisesti eri lajeiksi, kuten magneettinen, sähköinen ja kitkavuorovaikutus.

### Välineet

- joulukuusen koristepalloja tai pingispalloja
- narua
- paperia
- magneetteja
- piirtoheitinkalvoja
- kaksi rullalautaa
- köysi

### Tutkimusprosessi

- a) Tehdään kaksi heiluria ripustamalla kaksi samanlaista palloa (esimerkiksi joulukuusen koristepallot tai pingispallot) naruja päihin. Törmäytetään pallot toisiinsa.

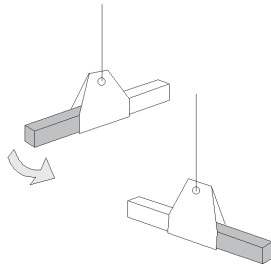


Havaitaan, että kumpikin pallo vaihtaa törmäyksessä suuntaa. Törmätessään pallot ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Kumpikin pallo vaikuttaa toiseen palloon yhtä suurella mutta vastakkaisuuntaisella voimalla. Nämä voimat aiheuttavat pallojen liikkeen törmäyksen jälkeen. Molempien pallojen liike muuttuu yhtä paljon.

Jatketaan koetta painavalla ja kevyellä pallolla. Kevyempi pallo ripustetaan siten, että se riippuu vapaasti langan varassa. Samaan kohtaan ripustettu painava pallo törmäytetään kevyeen palloon. Tehdään koe törmäyttämällä vielä kevyt pallo paikallaan olevaan painavaan palloon.

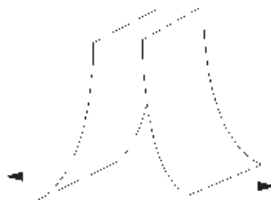
Molemmissa tapauksissa havaitaan, että kevyemmän pallon liike muuttuu aina enemmän.

- b) Kaksi magneettia ripustetaan kuvan mukaisesti. Magneetit tuodaan lähelle toisiaan.



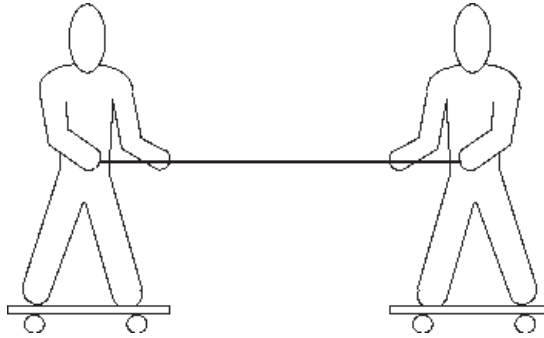
Havaitaan, että molemmat magneetit liikkuvat. Ne ovat siis vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Kumpikin magneetti vetää tai työntää toista magneettia yhtä suurella mutta vastakkaisuuntaisella voimalla. Tästä johtuu, että magneetit liikkuvat eri suuntiin.

- c) Hangataan kahta piirtoheitinkalvoa käsipaperilla tai turkiksella. Tuodaan kalvot lähelle toisiaan.



Havaitaan, että molemmat kalvot liikkuvat pois päin toisistaan. Kalvojen välillä on sähköinen vuorovaikutus, joka aiheuttaa yhtä suuret mutta vastakkaisuuntaiset voimat molempiin kalvoihin.

- d) Kaksi oppilasta asettuu vastakkain rullalautojen päälle muutaman metrin päähän toisistaan. Oppilaiden väliin annetaan köysi. Toinen oppilaista vetää toista puoleensa köyden avulla.



Havaitaan, että molemmat oppilaat liikkuvat toisiaan kohti. Jos oppilaat ovat samanpainoisia, molemmat siirtyvät yhtä pitkän matkan.

Seuraavaksi toisen rullalaudan päälle nousee opettaja, joka todennäköisesti painaa enemmän kuin oppilas. Toistetaan koe siten, että jompikumpi, opettaja tai oppilas, vetää toista puoleensa.

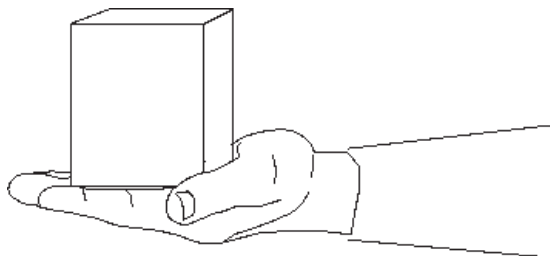
Jälleen havaitaan, että molemmat osapuolet liikkuvat, mutta kevyempi oppilas liikkuu nopeammin ja siirtyy pidemmän matkan kuin opettaja.

Muunnetaan koejärjestelyä siten, että toisen rullalaudan päällä seisoo oppilas ja toisen laudan päälle asetetaan jokin raskas (yli 10 kg) kappale. Oppilas vetää köyden avulla toista lautaa itseään kohti.

Havaitaan, että jälleen molemmat osapuolet liikkuvat. Jos toisen laudan päällä-oleva kappale on hyvin kevyt, oppilas lautoineen pysyy paikallaan.

Kaikki voimat aiheutuvat aina jostakin vuorovaikutuksesta. Vuorovaikutus liikuttaa yhtä helposti yhtä painavia kappaleita. Jos kevyt ja raskas kappale ovat vuorovaikutuksessa keskenään, liikuttaa vuorovaikutus helpommin kevyempää kappaletta.

- e) Oppilas pitää kädessään vuorotellen eripainoisia kappaleita. Käsivarren pitää pysyä paikoillaan.



Mitä raskaampi kappale on, sitä suuremmalla voimalla sitä pitää tukea, jotta se pysyisi paikallaan. Tätä voimaa sanotaan tukivoimaksi. Kappale ja käsi ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Kappale painaa kättä, ja käsi tukee kappaletta yhtä suurilla mutta vastakkaissuuntaisilla voimilla, eli tukivoima kumoaa painovoiman. Kun käsi vedetään alta pois, tukivoima lakkaa vaikuttamasta ja kappale putoaa.

## 3. ERILAISIA LIIKKEITÄ

### Tavoitteet

- Opitaan erilaisia liikkeen lajeja ja niiden nimityksiä.
- Opitaan, että kappaleen putoamista hidastaa ilmanvastus, joka riippuu kappaleen muodosta.
- Opitaan, että kappaleiden välillä on kitkaa, joka vaikuttaa niiden liikkeeseen.
- Opitaan, että kitka riippuu koskettavista pinnoista ja siitä, kuinka voimakkaasti kappale painaa alustaansa.

### Välineet

- eripainoisia, erimuotoisia ja erikokoisia kappaleita, kuten palikoita, palloja ynnä muuta
- narua
- kuminauhaa
- jousi
- kalteva taso (sileälevy)
- paperiarkkeja
- kirja
- höyheniä
- suodatinpussi
- kitkakappaleita (samankokoisia puukappaleita, joihin on kiinnitetty liimaamalla tai ruuvaamalla esimerkiksi hiekkapaperia, kangasta, metallia, muovia ja puuta
- sinitarraa

## Tutkimusprosessi

### 3.1 AVOINTA LIIKKEIDEN TUTKIMISTA

Oppilaille annetaan eripainoisia, erimuotoisia ja erikokoisia kappaleita. Lisäksi tarvitaan narua, kuminauhaa, kalteva taso (sileä levy) ja jousi. Oppilaille annetaan tehtäväksi tutkia, millaisia erilaisia liikkeitä he saavat aikaan annettujen välineiden avulla.

Kappale saadaan värähtelemään jousen avulla asettamalla se jousen päähän ja saattamalla jousi edestakaiseen liikkeeseen. Narun päähän kiinnitettyä kappaletta voidaan heiluttaa tai saattaa se ympyräliikkeeseen. Pyöreä kappale vierii ja kulmikas kappale liukuu kaltevaa tasoa pitkin. Palloa voidaan heittää tai pomottaa. Kappaleita voidaan vetää ja työntää. Kaikki kappaleet voivat olla putoamisliikkeessä.

Tutkitaan asioita avoimien kokeilujen jälkeen ohjatummien seuraavien kokeiden avulla.

### 3.2 PUTOAMISLIIKE

Kaksi erilaista kappaletta pudotetaan samalta korkeudelta maahan samalla hetkellä ja tutkitaan, millaisia eroja niiden putoamisessa on. Erityisesti verrataan kappaleparien maahanosumishetkiä. Samalla tavalla tutkitaan erilaisia kappalepareja. Kannattaa vertailla ainakin paperiarkin, rypistetyn paperiarkin, kirjan, höyhenen, pallon ja suodatinpussin putoamista.

Havaitaan, että jotkut kappaleet lähtevät leijaillemaan ja jotkut putoavat suoraan maahan. Jotkut kappaleparit putoavat maahan samanaikaisesti, toiset eri aikaan.

Ilma vastustaa kappaleen putoamista. Puhutaan ilmanvastuksesta, jonka suuruuteen vaikuttaa kappaleen muoto. Erilaisten kappaleiden putoamista voidaan tutkia myös vedessä pudottelemalla kappaleita korkeaan, läpinäkyvään vesiastiaan.

Pohditaan, missä oppilaat ovat havainneet ilmanvastuksen vaikutuksen.

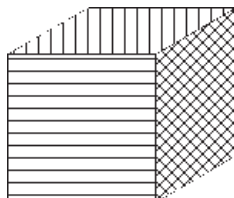
Ilmanvastuksen vaikutuksen voi tuntea esimerkiksi pyöräillessä tuulisella säällä tai laittamalla käden ulos liikkuvan auton ikkunasta.

- Millaisessa asennossa kilpapyöräilijät ajavat ja miksi?
- Miten nykyautojen kori on muotoiltu? Vertaa vanhoihin autoihin.
- Miksi laskuvarjohyppäjät tarvitsevat laskuvarjon?
- Miten kiihdytysautot pysäytetään? (käyttämällä jarruvarjoa)
- Keskustellaan leijoista, liidokeista ja muista vastaavista.

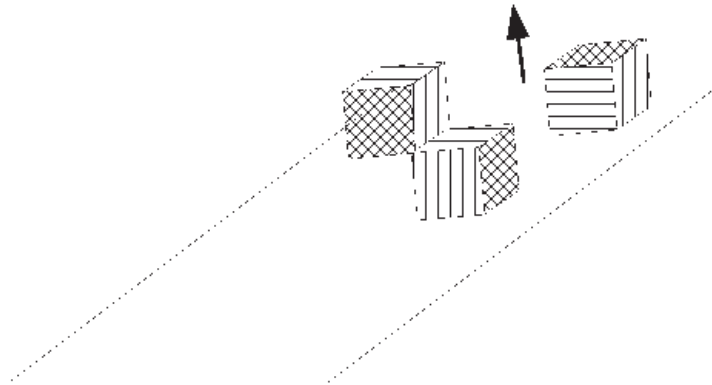
### 3.3 KITKA

Kiinnitetään liimaamalla samankokoisten kappaleiden, kuten puupalikoiden, sivutahkoihin eri materiaaleista valmistettuja ohuita levyjä. Levyt voivat olla esimerkiksi hiekkapaperia, kangasta, metallia, muovia ja puuta. Yhteen tahkoon kiinnitetään koukku, johon voidaan liittää jousivaaka.

Kappaleiden tulee olla samanpainoisia, sillä paino vaikuttaa kitkan suuruuteen. Kappaleen kosketuspinta-ala ei siihen vaikuta, mutta sekaannusten välttämiseksi pinnoista kannattaa tehdä suunnilleen samankokoiset.



- a) Kappaleet asetetaan kaltevana tasona toimivan levyn päähän vierekkäin siten, että eri pintamateriaalit ovat levyä vasten. Aletaan kallistaa levyä.



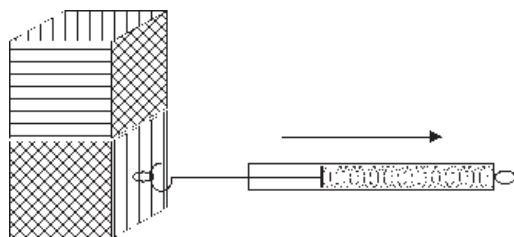
Havaitaan, että kappaleet lähtevät liikkeelle eri kallistuskulmilla.

Tutkitaan tarkemmin, missä järjestyksessä eri pintamateriaaleilla varustetut kappaleet lähtevät liikkeelle.

Kappaleiden liikkeeseen vaikuttaa kitka, jonka suuruus riippuu pintamateriaalista. Myös levyn pintamateriaali vaikuttaa kitkan suuruuteen. Esimerkiksi hiekkapaperin ja levyn välinen kitka on niin suuri, että levyä saa kallistaa melko paljon, ennen kuin kappale lähtee liikkeelle.

Vaihtoehtoisesti kappaleita voidaan vetää jousivaa'an avulla ja tutkia, kuinka paljon jousi venyy, kun kappale lähtee levosta liikkeelle.

- b) Kitkakappale asetetaan pöydälle ja tutkitaan jousivaa'an avulla, kuinka suuri voima tarvitaan saamaan kappale liikkeelle. Kappaleen päälle lisätään toinen kitkakappale ja koe toistetaan. Koe suoritetaan useita kertoja aina lisäämällä kappaleita päällekkäin. Jos kappaleet ovat hyvin kevyitä, tarvitaan herkkä jousivaaka (noin 2 N). Mikäli pöydän pinta on liian liukas, kokeet voidaan suorittaa esimerkiksi paperin tai muun karkeamman alustan päällä.



Kun kappaleita on kaksi, tarvittava voima on kaksinkertainen, ja kolmen kappaleen tilanteessa kolminkertainen. Mitä enemmän kappale painaa, sitä suurempi kitka vastustaa sen liikkeellelähtöä.

Pohditaan kitkan merkitystä arkielämässä.

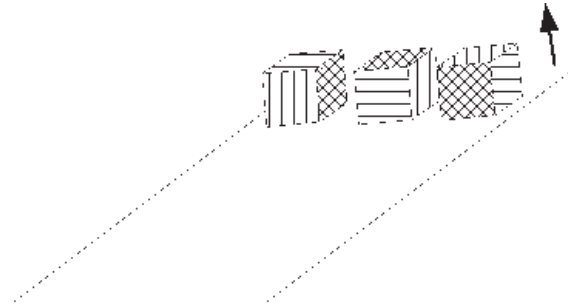
- ◆ Verrataan kävelyä asfaltilla ja jäällä.
- ◆ Onnistuuko raskaan kappaleen työntäminen liukkaalla jäällä? (Suuristakaan voimista ei ole mitään hyötyä, jos kengänpohjan ja jään välillä on hyvin pieni kitka.)
- ◆ Miten kitka otetaan huomioon eri urheilulajeissa? (Esimerkiksi suksivoiteet, voimailijat ja telinevoimistelijat laittavat käsiinsä magnesiumjauhoa kitkan lisäämiseksi.)
- ◆ Miten kitkaa voidaan suurentaa liukkailla keleillä? (Teiden hiekoitus, talvi-  
renkaat, kengänpohjien materiaali)
- ◆ Millaista olisi elämä ilman kitkaa? (Vaikkapa käveleminen olisi mahdotonta.)

### 3.3 KITKA

#### Välineet

- kalteva taso
- kitkakappaleita
- lisäpaino
- sinitarraa

1. Aseta kaikki kitkakappaleet kaltevalle tasolle vierekkäin siten, että eri pintamateriaalit ovat levyä vasten. Kallista levyä hitaasti. Kirjaa, missä järjestyksessä eri kappaleet lähtevät liikkeelle.



.....

.....

.....

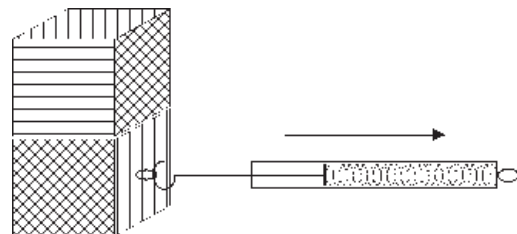
2. Pohdi, mistä havaitsemasi ilmiö johtuu.

.....

.....

.....

3. Aseta kitkakappale pöydälle ja tutki jousivaa’an avulla, millä venymän arvolla kappale lähtee levosta liikkeelle. Lisää kappaleen päälle toinen kappale ja toista koe. Suorita koe useita kertoja aina lisäämällä kappaleita päällekkäin. Kirjaa tulokset ja mieti, miten kitkan suuruus muuttuu, kun lisäät painoja.



.....

.....

.....

.....

4. Pohdi kitkan merkitystä arkielämässä.
- Vertaa kävelyä ja autoilua asfaltilla ja jäällä.
  - Miten eri urheilulajeissa kitka otetaan huomioon?
  - Miten kitkaa voidaan suurentaa liukkailla keleillä?
  - Millaista olisi elämä ilman kitkaa?

## 4. KAPPALE TASAPAINOSSA

### Tavoitteet

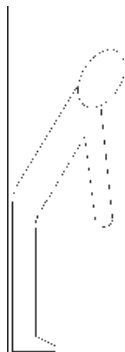
- Opitaan, että jokaisella kappaleella on painopiste, josta tuettuna kappale pysyy tasapainossa.
- Opitaan, että tasapaino menetetään, kun painopiste joutuu kappaleen tukipinnan ulkopuolelle.

### Välineet

- kaksi muovipulloa (limsapulloa)
- hiekkaa
- tasapainokappaleita
- kynä tai muu terävä esine
- hiekkapaperia
- lankaa ja pieni paino
- kalteva taso
- pitkiä viivoittimia
- kolikkoja
- talouspaperirullia

### Tutkimusprosessi

1. a) Asetutaan selkä seinää vasten niin, että kantapäät koskettavat seinää. Yritetään nostaa jokin esine lattialta.

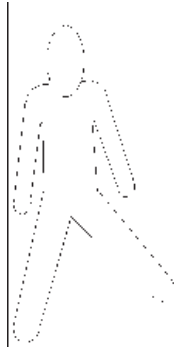


Havaitaan, että esineen nostaminen osoittautuu vaikeaksi tasapainon pettäessä.

Kokeillaan, miten käsien asettaminen eteen, sivulle tai taakse vaikuttaa tasapainoon.

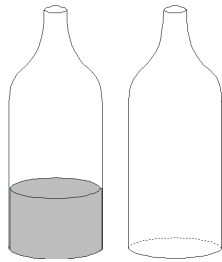
Mitä edempänä kädet ovat, sitä helpommin tasapaino menetetään. Jos kädet ovat ylhäällä suoraan sivuilla, ei tasapaino heikkene alkutilanteeseen verrattuna.

1. b) Asetutaan seisomaan sivuttain kylki seinää vasten siten, että toinen jalka on seinää vasten. Yritetään nostaa jalkaa sivulle.



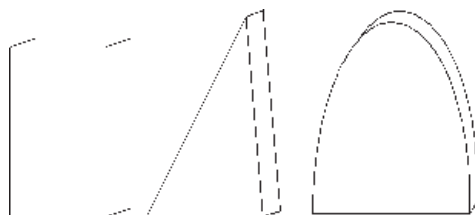
Havaitaan, että tasapaino menetetään hetkessä.

2. Laitetaan pöydälle kaksi muovipulloa, joista toinen jätetään tyhjäksi ja toiseen kaadetaan muutaman senttimetrin kerros hiekkaa. Tönäistään pulloja kevyesti ja tutkitaan, kumpi pulloista menettää tasapainonsa helpommin.

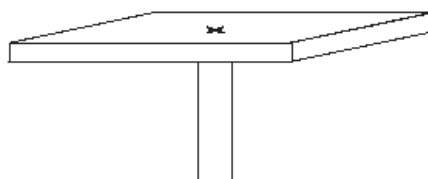


Havaitaan, että tyhjä pullo kaatuu helpommin kuin hiekalla täytetty.

3. a) Valmistetaan esimerkiksi laudasta kuvan mukaisia kappaleita. Kappaleet voivat olla minkä muotoisia tahansa, kunhan niissä on yksi suora pinta, jonka varassa kappale pysyy pystyssä.



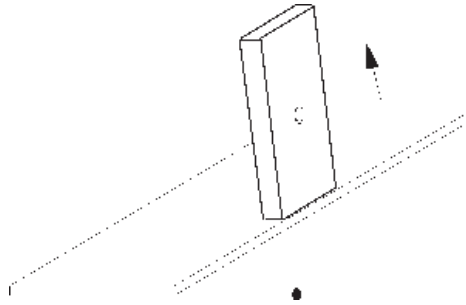
Kappale yritetään saada pysymään kyljellään tasapainossa rytmikapulan, kynän tai muun vastaavan esineen päällä. Merkitään kohta rastilla.



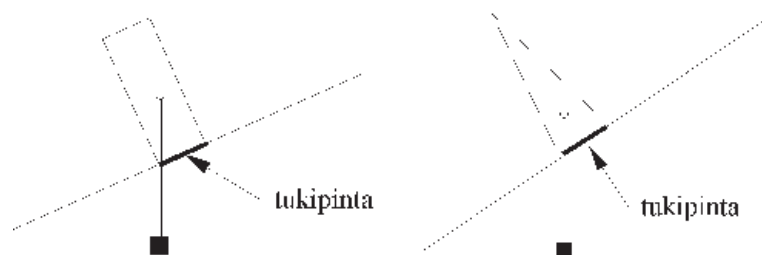
Havaitaan, että jokaisesta kappaleesta löytyy yksi kohta, josta tuettuna kappale pysyy tasapainossa. Kohtaa kutsutaan painopisteeksi.

3. b) Koetta jatketaan kaltevan tason avulla. Kevyellä painolla varustettu lanka kiinnitetään nastan avulla rastilla merkittyyn kohtaan. Lanka osoittaa painopisteen paikan kappaleen tukipintaan nähden. Tukipinta on se pinta, joka on kaltevaa tasoa vasten. Jotta kappaleet eivät lähtisi liukumaan, pitää tukipintaan ja tasoon kiinnittää hiekkapaperia.

Kappaleet asetetaan vuorotellen tason reunaan niin, että lanka riippuu tason laidan yli, ja kallistetaan tasoa. Kiinnitetään huomio siihen, missä kohdassa lanka on silloin, kun kappale kaatuu.



Kappale menettää tasapainonsa, kun lanka – ja samalla painopiste – menee kappaleen tukipinnan ulkopuolelle.

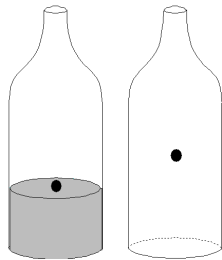


**Keskustelua kokeiden perusteella**

Jokaisella kappaleella on painopiste. Ensimmäisessä kokeessa ihminen kaatuu, kun hänen painopisteensä joutuu tukipinnan eli jalkapohjien ulkopuolelle. Pohditaan, missä jokaisen oma painopiste suunnilleen sijaitsee.



Kun kädet asetetaan eteen, painopiste siirtyy vielä kauemaksi tukipinnasta ja ihminen kaatuu helpommin. Kun käsiä venytetään taaksepäin, painopiste pysyy lähempänä tukipintaa ja ihminen pysyy paremmin pystyssä.



Pullokokeessa hiekka siirtää painopistettä alaspäin lähemmäksi pullon pohjaa eli sen tukipintaa. Massa keskittyy siis pullon pohjalle. Jos pullo on täynnä hiekkaa, nousee painopiste takaisin pullon keskelle.

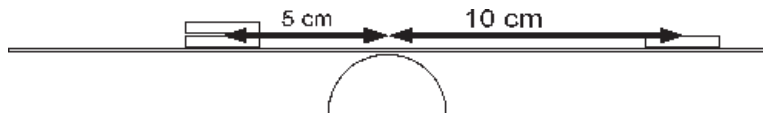
Pohditaan, missä tilanteissa painopisteen paikalla on merkitystä arkielämässä?

- ◆ Pyöreäpohjainen vauvan juomamuki ei kaadu, sillä mukin painopiste on saatu painavan pohjamateriaalin avulla hyvin alas.
- ◆ Formula-autot ovat matalia, jotta ne eivät pääse kallistumaan helposti. Niiden painopiste on mahdollisimman alhaalla. Korkeiden autojen, kuten rekkojen, painopiste on ylhäällä. Siksi niillä on ajettava varovasti erityisesti kaarteissa.
- ◆ Jos kirjahyllyn ylimmille hyllyille laitetaan runsaasti painavia kirjoja ja alimmat hyllyt jätetään tyhjiksi, saattaa hylly kaatua helposti. Painopiste on liian korkealla.

4. Leikataan talouspaperirulla kahtia ja asetetaan pitkä (mielellään 50 cm) viivoitin rullan päälle kuvan mukaisesti. Lisää viivoittimen molempiin päihin samanlaiset kolikot. Viivoitin pysyy tasapainossa, kun kolikot ovat yhtä kaukana sen keskikohdasta. Tutkitaan, mitä tapahtuu, kun vain toiseen päähän lisätään uusi kolikko edellisen päälle. Miten viivoitin saadaan nyt tasapainoon? Muunnellaan koetta vaihtelemalla kolikkojen määriä ja niiden etäisyyksiä tuesta eli rullasta.



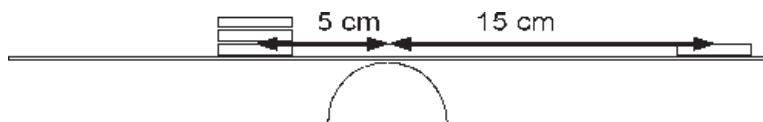
Havaitaan, että viivoittimen painopiste muuttuu, kun siihen lisätään kolikkoja tai niitä siirrellään. Jotta viivoitin pysyisi tasapainossa, pitää etsiä sen uusi painopiste siirtämällä tukea, lisäämällä kolikoita tai siirtämällä niitä sopivasti. Tilanteet noudattavat selkeää säännönmukaisuutta.



Vasemmalla puolella on kaksinkertainen määrä kolikkoja oikeaan puoleen verrattuna. Tällöin oikeanpuoleisen kolikon etäisyys tuesta on kaksinkertainen verrattuna vasemmanpuoleisiin kolikoihin.

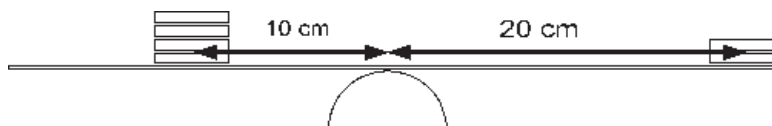
vasemmalla:                      kolikkojen määrä x etäisyys tuesta =  $2 \times 5 = 10$   
oikealla:                              kolikkojen määrä x etäisyys tuesta =  $1 \times 10 = 10$

Jotta kappale pysyisi tasapainossa, on etäisyyden ja kolikkojen määrän tulo oltava yhtä suuri kummallakin puolella.



Vasemmalla puolella on kolminkertainen määrä kolikkoja ja etäisyys on kolmasosa oikeanpuoleisen kolikon etäisyydestä.

vasemmalla:                      kolikkojen määrä x etäisyys tuesta =  $3 \times 5 = 15$   
oikealla:                              kolikkojen määrä x etäisyys tuesta =  $1 \times 15 = 15$



vasemmalla:                      kolikkojen määrä x etäisyys tuesta =  $4 \times 10 = 40$   
oikealla:                              kolikkojen määrä x etäisyys tuesta =  $2 \times 20 = 40$

## 4. KAPPALE TASAPAINOSSA

### Välineet

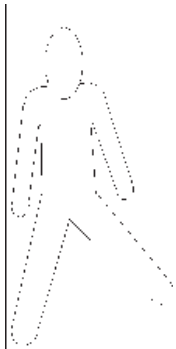
- kaksi muovipulloa
- hiekkaa
- tasapainokappaleita
- kynätai muu teräväesine
- lankaa ja pieni paino
- kalteva taso

1. a) Asetu selkä seinää vasten niin, että myös kantapäät koskettavat seinää. Yritä nostaa jokin esine lattialta.

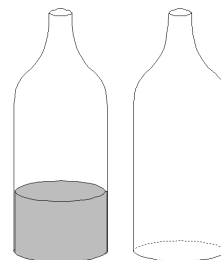


Kokeile, miten käsien asettaminen eteen, sivulle tai taakse vaikuttaa tasapainoon.

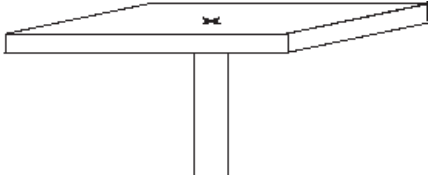
1. b) Asetu seisomaan sivuttain kylki seinää vasten siten, että toinen jalka on seinää vasten. Yritä nostaa jalkaa sivulle.



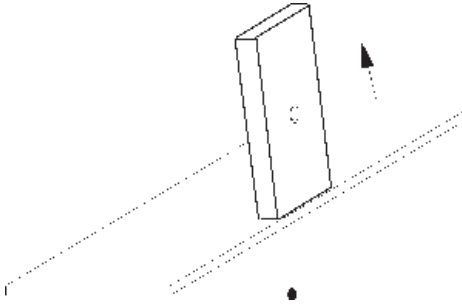
2. Laita pöydälle kaksi muovipulloa ja kaada toiseen hiekkaa. Tutki, kumpi pulloista menettää tasapainonsa helpommin.



3. a) Yritä saada opettajan antamat kappaleet pysymään tasapainossa kynän tai muun terävän esineen päällä. Merkitse tasapainokohta kappaleeseen rastilla.



3. b) Kiinnitä painolla varustettu lanka nastan avulla rastilla merkittyyn kohtaan. Aseta kappaleet vuorotellen kaltevan tason päähän ja kallista tasoa hitaasti. Kiinnitä tasoon ja kappaleen pohjaan hiekkapaperia, jotta kappale ei lähtisi liukumaan. Tutki, missä kohdassa lanka on silloin, kun kappale menettää tasapainonsa. Toista koe erilaisilla kappaleilla. Piirrä kuvat eri tilanteista ja vertaile niitä toisiinsa.



# SÄHKÖ

## OPETTAJAN ALKUPALAT

Sähköä tarvitaan nykyisin niin moniin tarkoituksiin, että elämää ilman sähköä on vaikea kuvitella. Lähes kaikki kodinkoneet ja muut laitteet toimivat sähköllä. Luonnosta tuttuja sähköilmiöitä ovat esimerkiksi pienet, käteltäessä saatavat sähköiskut, helposti sähköistyvät vaatteet sekä salamet. Sähköiset ilmiöt ovat jo antiikin ajoista lähtien hämmästyttäneet ihmisiä, ja erilaiset sähköiskutemput ovat olleet suosittuja seurapiirihuvituksia. Monet innokkaat tutkijat ovat aikojen saatossa tehneet hengenvaarallisia kokeita sähkөөn liittyvien ilmiöiden ja lainalaisuuksien selvittämiseksi.

Nimitystä sähkö käytetään hyvin monenlaisista ilmiöistä, joilla ei päällisin puolin näytä olevan mitään yhteistä. Sähkö voidaan jakaa kahteen eri alueeseen, virtapiireihin ja staattiseen sähkөөn. Vaikka sähkөөn käyttö on nykyään itsestäänselvyys, liitetään sen käyttäytymiseen yksinkertaisissakin tapauksissa usein virheelisiä käsityksiä. Sähkөөn käsite itsessään on varsin abstrakti.

Oppilaat kysyvät usein, mitä sähkö on. Perinteinen vastaus tähän on ollut: “Sähkö on elektronien liikettä”. Ilmaus on kuitenkin hyvin epämääräinen eikä selitä mitään. Se aiheuttaa välittömästi lisäkysymyksen: “Mitä ovat elektronit?” Tämä kysymys puolestaan siirtää pohdinnan sellaiselle tasolle, johon lapsen käsityskyky ei vielä riitä. Sen sijaan että oppilaille annettaisiin kysymykseen yksiselitteinen vastaus, kannattaakin ryhtyä tutkimaan sitä, miten sähkö käyttäytyy.

Virran syntymiseen tarvitaan virtalähde, jota sanotaan myös jännitelähteeksi. Virtalähteitä ovat esimerkiksi paristo ja sähkögeneraattori. Virtalähteen voimakkuutta esittää sen napojen välillä oleva jännite, jonka yksikkö on voltti. Sähkövirta on johtimessa kaikkialla olevien elektronien liikettä, joka voi syntyä vain umpinaiseen virtapiiriin. Sähkövirran yksikkö on ampeeri. Usein kuvitellaan virran olevan jännitelähteen yhdestä navasta lähtevien elektronien kulkemista johdinta pitkin lähteen toiselle navalle. Oikeastaan johtimessa olevat elektronit ovat aina liikkeessä kaikkiin suuntiin. Tasajännite saa ne liikkumaan yhteen suuntaan (tasavirta) ja vaihtojännite värähtelemään edestakaisin (vaihtovirta). Jokainen elektroni lähtee jännitteen vaikutuksesta aina yhtä aikaa liikkeelle.

Kokonaisuus aloitetaan tutkimalla virtapiirejä. Kokemuksen mukaan oppilaat nauttivat suuresti saadessaan itse rakentaa ja kokeilla erilaisia kytkentöjä lampuja, paristoja ja summereita käyttäen. Näitä välineitä kannattaakin hankkia kerralla riittävästi. Kokeiden lomassa kerrotaan lyhyesti sähköturvallisuudesta.

Toisessa osuudessa käsitellään hankaussähköä. Monet kappaleet saavat hangattaessa sähkövarauksen. Tämä ilmenee kappaleiden välisenä sähköisenä vuorovaikutuksena. Kun kappaleilla on erisuuruinen varaus, niiden välillä on jännite. Jos varaus pääsee purkautumaan, jännite häviää. Sähköpurkaus näkyy jos-

kus kipinä, tai sen voi tuntea iholla sähköiskuna. Ilmiöt näkyvät parhaiten, kun ilmankosteus on alhainen. Hankaussähkökokeet ovat kuivan pakkasilman huvia.

## TÄSSÄ JAKSOSSA TARVITTAVIA VÄLINEITÄ

- 1,5 V:n ja 4,5 V:n paristoja
- eri jännitteille soveltuvia lamppuja
- johdinta
- vanhoja sähköjohtoja, joissa on pistotulppia
- metallilevyjä
- sitruuna, peruna tai suolavettä
- kupariliuska
- magnesiumnauhaa
- teräsvillaa
- LEDejä tyyppiä L-53SRCC
- hauenleuat tai teippiä
- summeri
- lampunpitimiä
- tulitikkurasioita tai pahvia
- alumiinifoliota
- paperiliittimiä
- nastoja
- piirtoheitinkalvoja
- ilmapalloja
- muovikampoja
- paperisilppua, höyheniä tai riisimuroja
- käsipyyhepaperia
- villakangasta tai turkista
- joulukuusen koristepalloja
- mehupillejä
- tyhjiä mehu- tai maitotölkkejä
- pahvia
- ohutta metallilankaa
- kolikoita
- sinitarraa ja teippiä
- säilykepurkkeja
- muovipurkkeja
- silkkipaperia
- nuppineuloja
- muovi-, metalli- ja lasiesineitä, myös kumia, puuta, posliinia ja muuta vastaavaa
- silkkiä
- polyeteenimuovia (esimerkiksi kanisterit)

Lamppuja varten kannattaa hankkia lampunpidikkeitä, joihin johtimet voidaan helposti kiinnittää. Johtimina voi käyttää esimerkiksi sähkö- ja elektroniikka-likkeistä saatavaa ohutta johdinnauhaa. Johdinta voi leikata tavallisilla saksilla pienempiin osiin.

# 1. LAMPPU PALAMAAN

## Tavoitteet

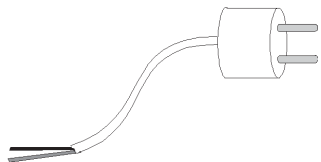
- Opitaan, että lampulla ja paristolla on kaksi napaa.
- Opitaan, että virtapiiri syntyy, kun pariston navat yhdistetään lampun napoihin.
- Opitaan, että sähkövirta syntyy yhtä aikaa kaikkialle piiriin.
- Opitaan, että jännite kertoo pariston voimakkuuden.

## Välineet

- 1,5 V:n ja 4,5 V:n paristoja
- eri jännitteille soveltuvia lamppeja
- johtimia
- vanhoja sähköjohtoja, joissa on pistotulpat
- metallilevyjä

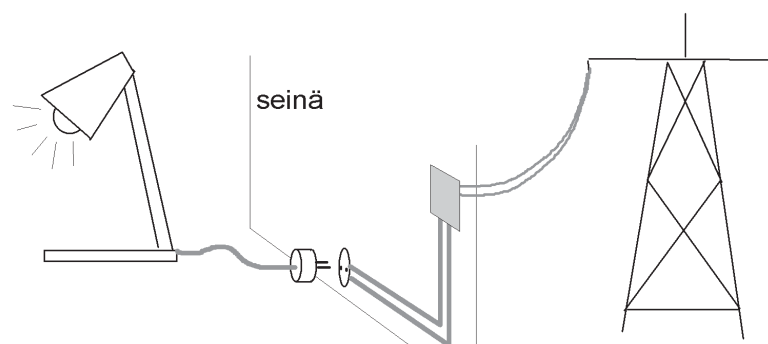
## Tutkimusprosessi

1. Katkaistaan vanha sähköjohto ja kuoritaan hieman muovia sen päältä. Avataan myös pistotulppa, jos mahdollista.



Havaitaan, että johto sisältää kaksi tai kolme johdinta. Pistotulpassa on kaksi metallikärkeä, joihin johtimet on kytketty. Suojamaadoitettujen pistotulppien reunoissa on lisäksi metalliliuskat, joihin kolmas johto on kiinnitetty.

Kun sähkölaitteen pistotulppa työnnetään pistorasiaan, yhdistyvät laitteen johdot seinän sisällä kulkeviin johtoihin, jotka puolestaan ovat yhteydessä koko maan sähköverkkoon.

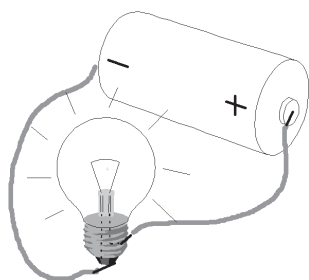


2. Oppilaille annetaan pienet lamput. Pohditaan, millä keinoin lamppu saadaan palamaan.

Lamppujen tarvitsema sähkö saadaan pistorasiasta, paristoista tai akuista. Pistorasiasta saatavaa sähköä ei voi käyttää, koska kyseessä on pieni lamppu. Pistorasian jännite olisi aivan liian suuri, ja lamppu pokahtaisi rikki. Sopiva sähkön lähde on akku tai paristo, jossa on pieni jännite.

Lisäksi tarvitaan kaksi johdinta, koska sekä paristossa että lampussa on kaksi napaa.

Yritetään saada lamput palamaan näiden välineiden avulla. Johtimia voidaan pitää käsin kiinni liitoskohdissa.



Pariston navat (+ ja -) erottuvat selvästi. Lampun toisena napana toimii metallinen kierreosa, ja toisena napana on kierteen alapuolella oleva kärki. Jotta sähkövirta kulkee, täytyy virtapiirin muodostaa yhtenäinen lenkki. Jos johdin irtoaa liitoksesta, virta ei kulje.

### Säköturvallisuutta

Joissakin maissa pistorasioissa on erisuuruinen jännite kuin Suomessa. Jos esimerkiksi amerikkalainen hiustenkuivaaja kytketään suomalaiseen pistorasiaan, se voi hajota, ja käyttäjä voi saada hengenvaarallisen sähköiskun. Suomen sähköverkon jännite on amerikkalaisille laitteille liian suuri.

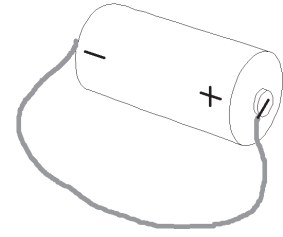
3. Päätellään edellisen työn perusteella, palaako lamppu monistepohjan tilanteissa. Lopuksi kokeillaan, pitivätkö arviot paikkansa.

### Vastaukset:

Lamppu ei pala	kohdat 1, 2, 4
Lamppu palaa	kohdat 3, 5, 6

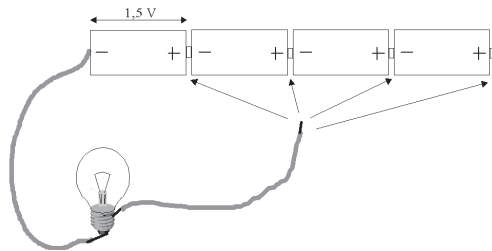
## Sähköturvallisuutta

Jos pariston navat yhdistetään toisiinsa yhdellä johtimella, syntyy oikosulku. Johdin kuumenee voimakkaasti, koska piirissä ei ole mitään laitetta, esimerkiksi lampua, joka käyttäisi pariston antamaa sähkövirtaa. Lähes kaikki sähkö muuttuu lämmöksi. Oikosulkukytkentä paristolla on kuitenkin vaaraton, jos se tehdään nopeasti. Oikosulku kuluttaa pariston nopeasti loppuun. Akun oikosulkeminen on vaarallista, koska siihen syntyy paljon suurempi virta kuin tavalliseen paristoon.



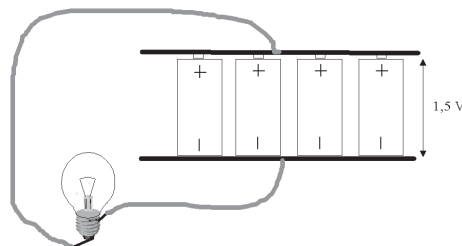
Rikkinäisissä sähkölaitteissa voi helposti syntyä oikosulku. Laite ylikuumenee ja saattaa syttyä palamaan.

4. Kytetään 1,5 V:n paristoja peräkkäin ja tutkitaan, miten paristojen määrä vaikuttaa piiriin kytketyn lampun kirkkauteen. Lamppujen sijasta voidaan käyttää elektroniikkaliikkeitä saatavia summereita tai pieniä moottoreita.



Havaitaan, että lamppu palaa sitä kirkkaammin (summeri soi äänekkäämmin ja moottori pyöri nopeammin), mitä enemmän paristoja on peräkkäin. Paristojen jännitteet voidaan laskea yhteen. Esimerkiksi 4,5 V:n paristo voidaan korvata kolmella peräkkäin olevalla 1,5 V:n paristolla.

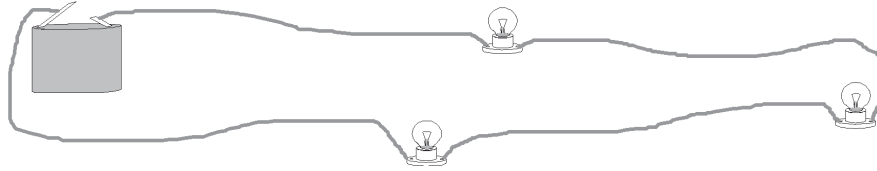
Kytetään paristoja rinnakkain, jolloin plus- ja miinusnavat yhdistetään keskenään esimerkiksi metallilevyjen avulla.



Havaitaan, että lampun kirkkaus on sama kuin yhdellä paristolla. Paristojen yhteinen voimakkuus on siis sama kuin yhden pariston, mutta lamppu palaa kauemmin.

5. Usein kuvitellaan, että virta syntyy pariston toisessa navassa, josta se siirtyy toiseen napaan. Tätä väärinkäsitystä yritetään oikaista seuraavan kokeen avulla.

Mahdollisimman pitkien johtimien avulla muodostetaan virtapiiri, johon on kytketty useita lamppeja.



Kun johdin yhdistetään paristoon, kaikki lamput syttyvät samanaikaisesti. Tämä osoittaa sen, että virta syntyy yhtä aikaa kaikkialle piiriin.

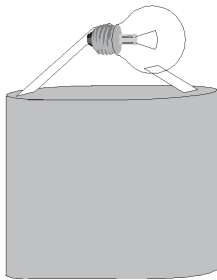
# 1. MILLOIN LAMPPU PALAA?

## Välineet

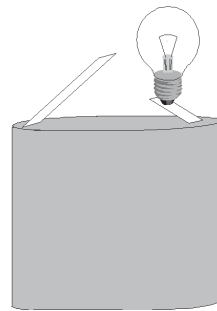
- 4,5 V:n paristoja
- lamppuja
- johtimia
- teippiä

Päättele, missä tilanteissa lamppu palaa. Kokeile lopuksi, onnistuiko päättelysi.

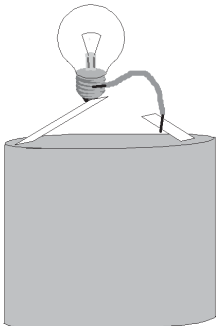
1



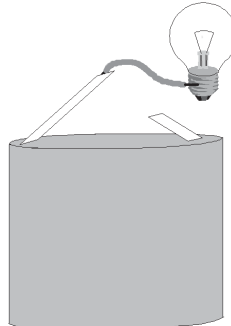
2



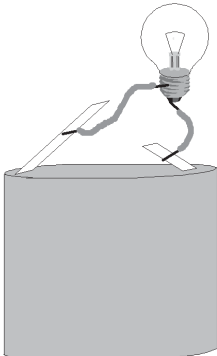
3



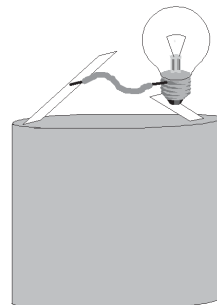
4



5



6



## 2. SÄHKÖN LÄHTEITÄ

### Tavoitteet

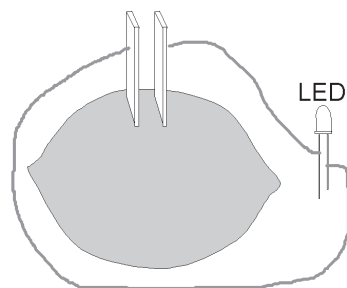
- Opitaan rakentamaan omatekoinen paristo ja kytkemään sen avulla virtapiiri, jossa lamppu palaa.
- Opitaan, mistä pistorasioista saatava sähkö on peräisin.

### Välineet

- sitruuna, peruna tai suolavettä
- kupariliuska
- magnesiumnauhaa
- kaksi johdinta
- LEDejä tyyppiä L-53SRCC (saatavilla elektroniikkaliikkeissä)
- lampunpidin
- hauenleuat tai teippiä
- teräsvillaa

### Tutkimusprosessi

1. Metalliliuskat puhdistetaan teräsvillan avulla. Kupari- ja magnesiumliuskat pistetään sitruunaan lähelle toisiaan. Metalliliuskojen päät yhdistetään johtimien avulla LEDiin. Tarkistetaan, että liuskat eivät kosketa toisiaan, jolloin vältetään oikosulku. Johtimet voidaan kiinnittää esim. hauenleuoilla tai teipillä.



Havaitaan, että hetken kuluttua LED alkaa palaa. Kyseessä on yksinkertainen paristo, jonka napoina toimivat kahdesta eri metallista leikatut liuskat. Kun metallit ovat yhteisessä nesteessä, muodostuu suljettu virtapiiri. Sitruunan tilalle voidaan laittaa myös peruna tai suolavettä. Jos lamppu ei pala sitruunan avulla, kannattaa sitruunan mehu puristaa astiaan ja asettaa metallit mehuun.

Tehdasvalmisteisissa paristoissa on myös kaksi eri aineista valmistettua napaa, ja niiden välissä on jotakin paristoon sopivaa ainetta. Tavallisissa sauvaparistoissa käytetään hiiltä ja sinkkiä sekä salmiakkiliuosta, joka on imeytetty kiinteään massaan. Pariston metallien ja liuoksen välillä tapahtuu sähkökemiallinen reaktio.

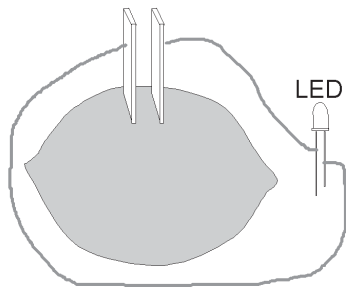
Sitruunoita voidaan kytkeä samalla tavoin peräkkäin kuten aiemmin paristoja, jolloin LED palaa kirkkaammin.

## 2. OMATEKOINEN PARISTO

### Välineet

- sitruuna, peruna tai suolavettä
- kupariliuska
- magnesiumnauhaa
- kaksi johdinta
- LED
- lampunpidin
- hauenleuat tai teippiä
- teräsvilla

1. Puhdista metalliliuskat teräsvillan avulla. Pistä sitruunaan kupari- ja magnesiumliuskat lähelle toisiaan. Yhdistä metalliliuskojen päät johtimien avulla LEDiin. Tarkista, että liuskat eivät kosketa toisiaan. Johtimet voit kiinnittää esimerkiksi hauenleuoilla tai teipillä.



Sitruunan tilalle voit laittaa myös perunan tai suolavettä. Suolaveden valmistusohje: laita juomalasi puolilleen vettä, lisää siihen teelusikallinen suolaa ja sekoita hyvin.

Olet valmistanut pariston. Saatko lampun palamaan?

### 3. JOHTEET JA ERISTEET

#### Tavoite

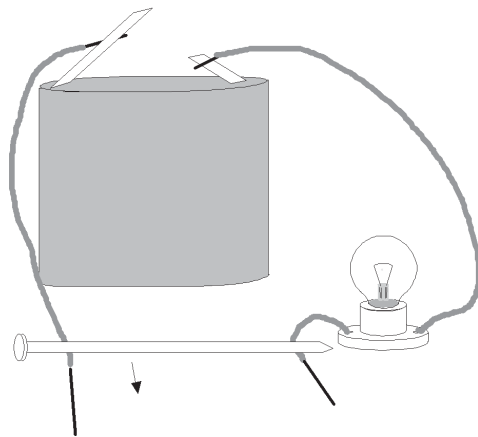
- Opitaan tutkimaan, mitkä aineet ovat hyviä sähkönjohteita ja mitkä ovat hyviä eristeitä.

#### Välineet

- 4,5 V:n paristo
- 3 johdinta
- 3,8 V:n lamppu
- lampunpidin
- tutkittavia materiaaleja, esimerkiksi eri metalleja, puuta, muovia, lyijykynä, lasia, posliinia, kumia
- hauenleuat tai teippiä

#### Tutkimusprosessi

1. Tehdään kuvan mukainen kytkentä, jossa kahden johtimen päät yhdistetään jollakin esineellä. Johtimen päistä kuoritaan ensin pois eristemuovia. Eri työparit kokeilevat kytkentää eri materiaaleista valmistettujen kappaleiden avulla.



Havaitaan, että jotkut lamput palavat kirkkaasti, jotkut heikosti ja jotkut eivät lainkaan. Pohditaan, mistä erot johtuvat.

Eri materiaalit johtavat sähköä eri tavoin. Ne aineet, jotka johtavat hyvin tai kohtalaisesti sähköä, ovat johteita. Aineet, jotka eivät johda sähköä, ovat eristeitä.

2. Tutkitaan tarkemmin aineiden sähkönjohtokykyä. Katso myös valmis moniste-pohja.

Havaitaan, että kaikki metallit johtavat hyvin sähköä. Myös monet vesiliuokset, erityisesti suolainen vesi, johtavat sähköä. Sen sijaan esimerkiksi sokerivesi ei johda. Lyijykynän sisus, joka koostuu hiilestä ja savesta, johtaa sähköä. Puhdas vesi ei johda sähköä, mutta vesijohtovesi johtaa. Tämä johtuu siitä, että vesijohtovesi sisältää aina hiukan epäpuhtauksia, jotka tekevät siitä sähköä johtavan. Puhasta eli tislatus vedestä nämä epäpuhtaudet on poistettu.

### **Sähköturvallisuus**

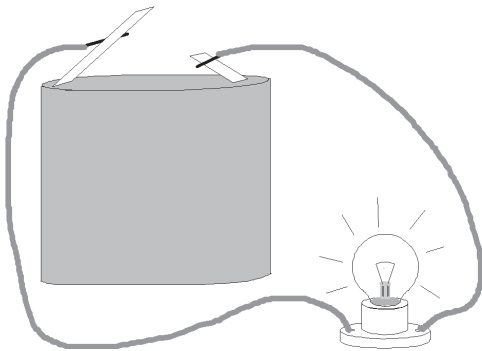
Eristeet ovat hyvin tärkeä aineryhmä ihmisen sähköturvallisuuden kannalta. Kaikki kodin sähkölaitteet on eristetty huolellisesti esimerkiksi muovikuorella. Myös johtimien kuparilangan ympärillä, valokatkaisimissa ja pistokkeissa on muovikuori. Kylpyhuoneiden pistorasioiden vieressä on usein varoitus siitä, ettei sähkölaitetta saa koskea märkänä. Koska useat liuokset, myös vesi, johtavat sähköä, ovat kosteat olosuhteet vaarallisia sähkölaitteiden käyttäjille. Hius-ten kuivaaminen kylpyhuoneessa toisen ollessa suihkussa voi aiheuttaa hengenvaarallisen tilanteen.

### 3. JOHTEET JA ERISTEET

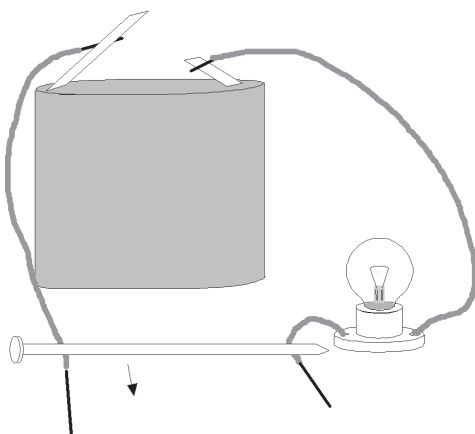
#### Välineet

- 4,5 V:n paristo
- 3 johdinta
- 3,8 V:n lamppu
- lampunpidin
- tutkittavia materiaaleja, esimerkiksi eri metalleja, puuta, muovia, lyijykynä, lasia, posliinia, kumia
- hauenleuat tai teippiä

1. Muodosta virtapiiri lampusta, kahdesta johtimesta ja paristosta.



Katkaise johdin ja kuori päistä hieman eristemuovia. Yhdistä johtimien päät jollakin esineellä kuvan mukaisesti.



Palaako lamppu? Palavatko muiden parien lamput? Vertaile kytkentöjä!



## 4. ERILAISIA KYTKENTÖJÄ

### Tavoitteet

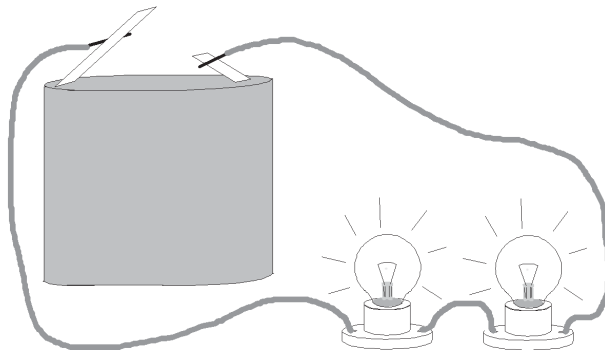
- Opitaan kytkemään lampuja eri tavoin ja vertailemaan kytkentöjen eroja.
- Ymmärretään, että useat kodin sähkölaitteet on kytketty rinnan sähköverkkoon.

### Välineet

- paristoja
- lampuja
- lampunpitimiä
- johtimia
- hauenleukoja

### Tutkimusprosessi

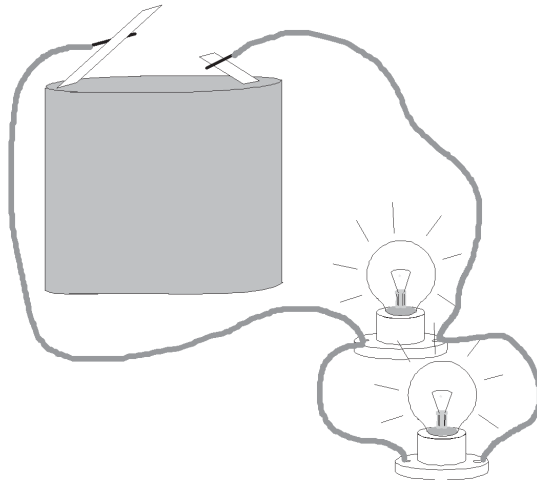
1. Muodostetaan virtapiiri pariston, kahden johtimen ja lampun avulla. Piiriin lisätään yksi tai useampi lamppu peräkkäin. Lampujen kirkkautta verrataan niiden lukumäärän kasvaessa. Mitä tapahtuu, kun yksi lamppuista kierretään irti?



Havaitaan, että lamput palavat sitä himmeämmin, mitä enemmän niitä on. Jännite jakautuu lampujen kesken. Kun yksi lamppu kierretään irti jalustastaan, sammuvat muutkin lamput. Virtapiiri on siis katkaistu, eikä virran kulku ole enää mahdollista.

Tällaisia kytkentöjä on esimerkiksi kodin joulukyntteliköissä ja vanhemmissa joulukuusen kynttilöissä.

2. Tehdään toinen piiri, jossa lamput kytketään rinnakkain kuvan mukaisesti. Yksi lamputa kierretään irti.



Havaitaan, että muut lamput jatkavat palamistaan. Virralla on vielä jäljellä reitti, jota pitkin se voi kulkea. Kummankin lampun palamista ylläpitää sama jännite.

Tämän vuoksi lähes kaikki kodin sähkölaitteet on kytketty rinnakkain. Muutoin esimerkiksi yhden lampun rikkoutuminen sammuttaisi kaikki kodin laitteet.

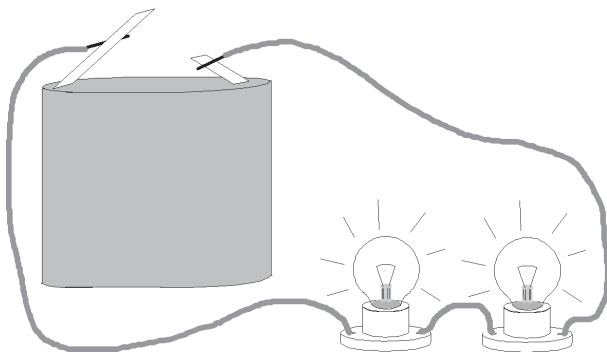
## 4. ERILAISIA KYTKENTÖJÄ

### Välineet

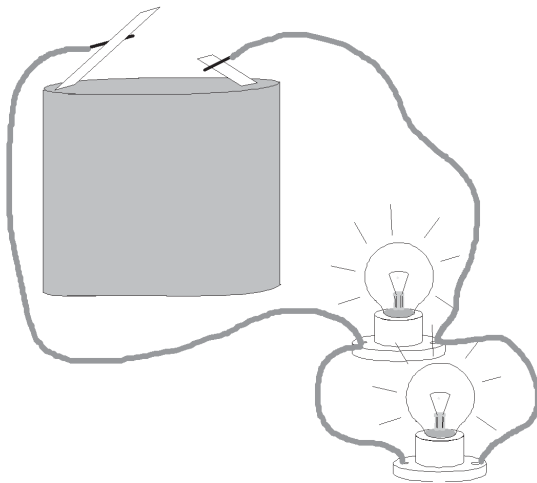
- paristoja
- lamppuja
- lampunpitimiä
- johtimia
- hauenleukoja

1. Muodosta virtapiiri pariston, kahden johtimen ja lampun avulla. Lisää piiriin yksi tai useampia lamppuja kuvan mukaisesti peräkkäin. Mitä tapahtuu lamppujen kirkkaudelle, kun lamppujen määrä kasvaa?

Kierrä yksi lampuista irti. Mitä havaitset?



2. Tee toinen piiri, jossa lamput kytketään rinnakkain kuvan mukaisesti. Kierrä yksi lampuista irti. Mitä havaitset?



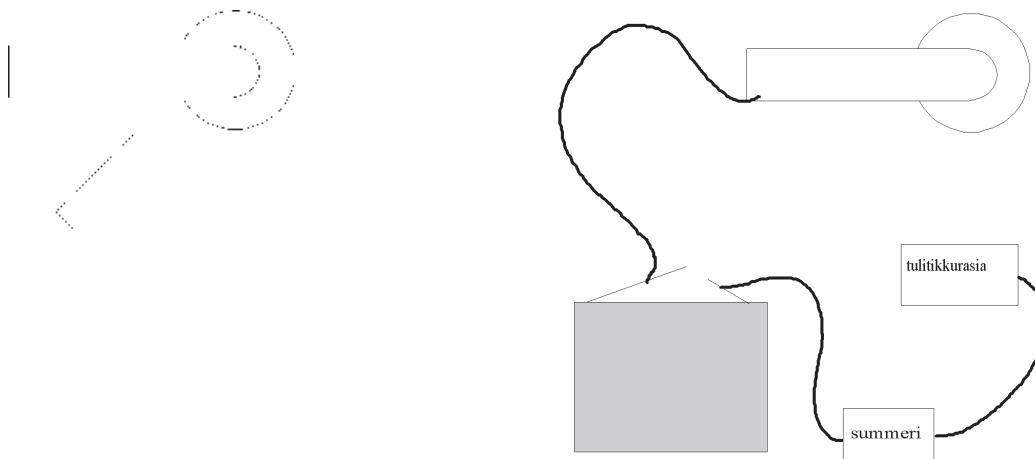
## 5. SOVELLUKSIA

### 1. Murtohälytin

#### Väl ine e t

- 4,5 V:n paristo
- 3,8 V:n lamppu ja lampunkanta tai summeri
- lampunpidin
- ohutta johdinlankaa
- tulitikkurasia tai pahvia
- alumiinifoliota
- teippiä

Päällystä tulitikkurasia alumiinifoliolla ja kiinnitä siihen summeri johtimen avulla. Summerin tilalle voit laittaa myös lampun. Kytke summeri paristoon ja paristo edelleen ovenkahvaan. Kiinnitä rasia ja paristo oveen teipillä siten, että kahvaa käännettäessä kahva ja rasia koskettavat toisiaan.



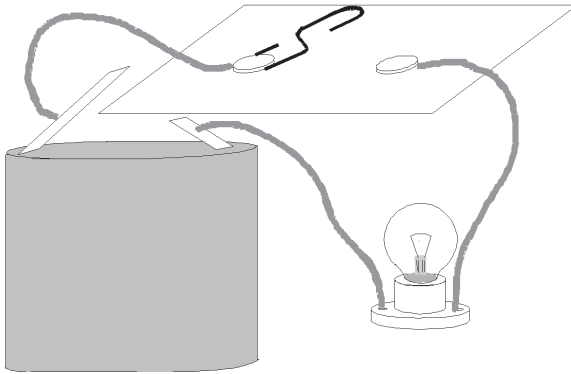
Piirissä voi olla myös sekä lamppu että summeri. Halutessasi voit rakentaa murtohälyttimelle laatikon. Kun varas kääntää ovenkahvaa, sähköä johtava alumiinifolio ja metallinen ovenkahva koskettavat toisiaan. Piirissä kulkee virta, ja lamppu syttyy tai summeri alkaa soida.

## 2. Valokatkaisin

### Välineet

- 4,5 V:n paristo
- 3,8 V:n lamppu ja lampunkanta
- lampunpidin
- ohutta johdinlankaa
- pahvia
- metallinen paperiliitin
- kaksi nastaa

Kierrä johdinlankojen kuoritut metallipäät nastojen ympärille. Avaa paperiliitin kuvan mukaisesti ja kiinitä sen toinen pää nastan avulla pahviin. Kiinnitä toinen nasta pahviin siten, että paperiliittimen toinen pää yltää siihen. Liitä piiriin lamppu ja paristo kuvan mukaisesti.



Paperiliitin toimii piirin kytkimenä. Kun nasta ja paperiliitin koskettavat toisiaan, piirissä kulkee virta ja lamppu palaa.

Katkaisinpiiriä voit käyttää esimerkiksi nukkekodin valaistuksessa. Piiriin voi kytkeä lamppuja peräkkäin ja rinnakkain tarpeen mukaan. Jos kytket lampun tilalle summerin, voit sähköttää ystävillesi ääniviestejä.

## 6. SÄHKÖÄ HANKAAMALLA

### Tavoitteet

- Opitaan, että kappaleisiin voi syntyä sähkövaraus, kun niitä hangataan toisiinsa.
- Opitaan, että varatut kappaleet joko hylkivät toisiaan tai vetävät toisiaan puoleensa, joten sähkövarauksia on kahdenlaisia.
- Opitaan, että myös varaamattomat kappaleet saattavat reagoida, kun niiden lähelle tuodaan varattu kappale.

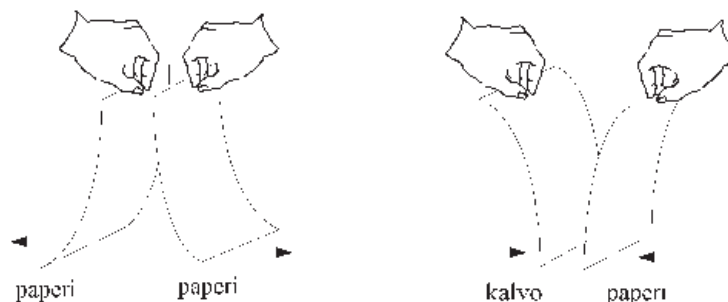
### Välineet

- piirtoheitinkalvoja
- ilmapalloja
- muovikampoja
- paperisilppua, höyheniä tai riisimuroja
- käsipyyhepaperia
- villakangasta tai turkista
- joulukuusen koristepalloja
- mehupillejä

### Tutkimusprosessi

Katso myös valmis monistepohja.

1. Kahta piirtoheitinkalvoa hangataan eri käsipyyhepapereilla. Tuodaan ensin paperit lähekkäin, sitten kalvo ja paperi lähekkäin ja lopuksi kalvot lähekkäin.



Havaitaan, että paperit hylkivät toisiaan, mutta kalvo vetää paperia puoleensa. Kaksi kalvoa puolestaan hylkii toisiaan. Lisäksi saattaa kuulua ritinää.

Kalvot ja paperit tulevat sähköisiksi, kun niitä hangataan toisiaan vasten. Tarkemmin sanottuna sähköisyys tarkoittaa sitä, että kappaleisiin syntyy sähkövaraus. Hylkimisestä ja puoleensa vetämisestä voidaan päätellä, että sähkövarauksia on kahdenlaisia. Kalvot, joissa on samanlainen sähkövaraus, hylkivät toisiaan. Näin tapahtuu myös kahden paperin tapauksessa. Sen sijaan kalvo ja paperi, joiden sähkövaraukset ovat erilaiset, vetävät toisiaan puoleensa.

2. a) Vastaavia kokeita tehdään muilla kappaleilla. Tukkaa kammataan muovikammalla ja täyteen puhallettua ilmapalloa hangataan hiuksiin, villakankaaseen tai turkis-palaan. Tuodaan varattu kampa, muovikalvo tai ilmapallo pöydällä olevan paperisilpun (tai höyhenien tai riisimurojen) lähelle.

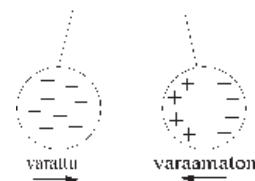
Havaitaan, että varattu esine vetää paperisilppua puoleensa.

Sähköistä varautumista voidaan tutkia myös narussa riippuvien joulukuusen koristepallojen tai mehupillien avulla. Toinen palloista varataan hankaamalla, ja pallot tuodaan toistensa lähelle.

### Miksi näin?

Kokeita tehtäessä havaitaan, että aluksi kappaleet vetävät toisiaan puoleensa. Kun kappaleet koskettavat, alkavat ne karkottaa toisiaan. Tämä johtuu siitä, että aineessa on varauksia, jotka voivat jakautua aineen sisällä eri tavoin. Kun kappaletta hangataan, se varautuu joko negatiivisesti tai positiivisesti, eli siinä on enemmän toista varausta. Varaamattomassa kappaleessa on yhtä paljon negatiivisia ja positiivisia varauksia. Varatun kappaleen läheisyydessä varaamattoman kappaleen varaukset työntyvät eri puolille kappaletta. Ilmiötä sanotaan polarisoitumiseksi.

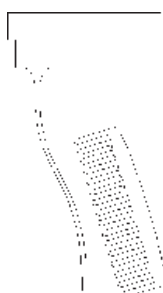
Jos pallo on varattu negatiivisesti, se karkottaa varaamattoman pallon negatiiviset varaukset kauemmaksi. Näin lähemmäksi jäävä positiivinen puoli vetää negatiivisesti varattua palloa puoleensa.



Jos pallot koskettavat toisiaan, varausta siirtyy varaamattomaan palloon. Kappaleet hylkivät samanmerkkisinä toisiaan.



2. b) Viedään kampaamalla varattu kampa hanasta tulevan ohuen vesinoron viereen.



Havaitaan, että vesinoro taipuu lähemmäksi kampa.

Vaikka paperisilppua, höyheniä, riisimuroja tai vettä ei ole hangattu, ne vuorovaikuttavat varattujen kappaleiden kanssa. Varaamattomat kappaleet (yleensä hyvät sähköneristeet) polarisoituvat esitetyllä tavalla jouduessaan varatun kappaleen läheisyyteen.

3. Keskustellaan, millaisissa tilanteissa oppilaat ovat havainneet sähköisiä ilmiöitä.

Esimerkiksi television kuvaruutu ritisee, kun siihen koskee. Kun vetää tekokuidusta valmistetun paidan pään yli, saattaa kuulla ritinää tai nähdä jopa pieniä valonvälähdyksiä. Lähes kaikki ovat joskus saaneet pieniä sähköiskuja esimerkiksi auton ovista, metallikaiteista tai toisista ihmisistä.

### Hankaussähkön historiaa

Sähköön perustuvat temput olivat 1700-luvun alkupuolella suosittuja huvituksia niin hienoissa hoveissa kuin markkinoillakin. Silkkinauhojen varassa roikkuvia ihmisiä varattiin sähköisesti hankaamalla heitä kuivalla kankaalla, jolloin koehenkilön tukka saatiin nousemaan pystyyn. Pimeässä saattoi nähdä kipinöiden sinkoilevan lähelle tuleviin ihmisiin. Pariisissa 180 kuninkaan vartiosotilasta pantiin seisomaan käsi kädessä. Reunimmainen sotilas kosketti voimakkaasti varattua laitetta, jolloin koko sotilasrivistö pomppasi ilmaan. Myöhemmin koe toistettiin 300 munkilla, jotka muodostivat sadan metrin pituisen rivin. Kokeiden vaarallisuutta ei tuolloin ymmärretty. Ihmiset maksoivat sähköiskuista, koska he uskoivat niiden parantavan kihtiä ja reumatismia.

## 6. SÄHKÖÄ HANKAAMALLA

### Väl ineet

- kaksi piirtoheitinkalvoa
- kaksi käsipyyhepaperia
- ilmapallo
- muovikampa
- paperisilppua, höyheniä tai riisimuroja
- villakangasta tai turkista
- joulukuusen koristepalloja
- mehupillejä

1. Hankaa piirtoheitinkalvoa käsipyyhepaperilla samalla kun työparisi hankaa omaa kalvoaan toisella paperilla.

a) Tuo paperit lähekkäin. Mitä havaitset?

.....  
.....

b) Tuo kalvo ja paperi lähekkäin. **Havaintosi:**

.....  
.....

c) Tuo molemmat kalvot lähekkäin. **Havaintosi:**

.....  
.....  
.....

d) Mikä saa aikaan edellä havaitut ilmiöt?

.....  
.....  
.....

e) Miksi kalvot ja paperi käyttäytyvät eri tavalla?

.....  
.....  
.....

2. a) Tee vastaavia kokeita myös muilla kappaleilla. Kampaa tukkaa muovikammalla ja hankaa täyteen puhallettua ilmapalloa hiuksiin tai esimerkiksi villakankaaseen. Aseta pöydälle paperisilppua, höyheniä tai riisimuroja ja tuo niiden lähelle kampa tai ilmapallo. Mitä tapahtuu?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Tutki, millä välineillä ilmiö näkyy parhaiten. Kokeile erilaisia hankausmateriaaleja, kuten turkista tai omaa puseroasi.

**Tutkimuksen tulokset:**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 2.b) Säädä vesihana siten, että saat aikaan ohuen vesinoron. Hankaa muovikampaa villakankaalla tai kampa sillä tukkaasi. Tuo kampa vesinoron lähelle. Mitä havaitset?

.....

.....

.....

.....

.....

## 7. ELEKTROSKOOPPI ELI SÄHKÖVARAUKSEN TUNNISTIN

### Tavoitteet

- Opitaan erottelemaan varatut ja varautumattomat kappaleet elektroskoopin avulla.
- Opitaan, että varausta voidaan siirtää kappaleesta toiseen ja että sitä voidaan varastoida kappaleeseen.

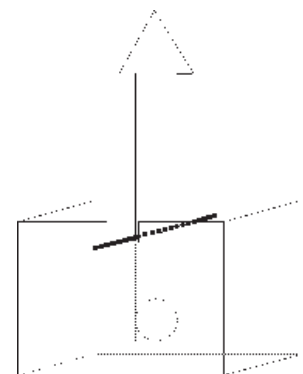
### Välineet

- tyhjiä mehu- tai maitotölkkejä
- pahvia
- ohutta metallilankaa
- kolikoita
- sinitarraa tai teippiä
- muovi-, metalli- ja lasiesineitä, myös kumia, posliinia ja muuta vastaavaa
- villakangasta tai turkista
- silkkiä
- muovipusseja
- polyeteenimuovia (esimerkiksi kanisterit)
- säilykepurkkeja
- muovipurkkeja
- silkkipaperia
- alumiinifoliota
- sinitarraa
- nuppineuloja

### Tutkimusprosessi

#### 1. Mehupurkkielektroskooppi

- 1.a) Valmistetaan kuvan mukainen yksinkertainen varauksentunnistin pahvista ja tyhjästä tölkestä. Telineenä käytettävä tölkki leikataan kahtia ja siihen tehdään pienet lovet. Leikataan pahvista noin 10–20 cm pitkä osoitin ja sen alaosaan asetetaan painot, joiksi sopivat esimerkiksi sinitarralla tai teipillä kiinnitetyt kolikot. Pujotetaan ohut metallilanka hieman kolikoiden yläpuolelle. Kun osoitin asetetaan telineeseen lovien kohdalle, sen tulisi pysyä pystyssä. Jos näin ei tapahdu, siirretään metallilankaa sopivasti ylös- tai alaspäin.



Erilaisia kappaleita hangataan ja ne tuodaan tunnistimen viereen. Jos kappale on varautunut, osoitin heilahtaa kappaletta kohti. Osoitin liikkuu sitä enemmän, mitä

paremmin kappale on varautunut. Tutkitaan, mitkä materiaalit varautuvat hyvin ja mitkä eivät näytä varautuvan lainkaan. Varautuminen riippuu myös siitä, millä materiaalilla kappaleita hangataan.

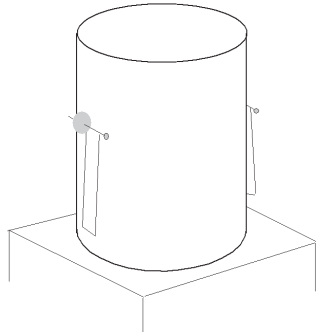
Tämän elektroskoopin toiminta perustuu varaamattoman pahviosoittimen käyttäytymiseen, kun sen lähelle tuodaan varattu kappale. Pahvi on materiaali, joka reagoi sähköisesti varattuun kappaleeseen, vaikka sitä itseään ei ole varattu (vertaa edellisen työn paperisilppu). Tämän vuoksi osoitin heilahtaa aina varattua kappaletta kohti, mutta ei koskaan hylji sitä. Seuraavassa kohdassa esitetään elektroskooppi, joka voi sekä hylkiä että vetää puoleensa varattua kappaletta.

- 1.b)** Edellisen työn pahviosoitin korvataan muoviosoittimella. Parhaiten soveltuu polyeteenimuovi, josta lähes kaikki muoviset kanisterit ja pullot on valmistettu. (Usein kanisterien pohjassa on polyeteenin tunnuksena lyhenne PE.) Varataan osoitin hankaamalla sitä silkkikankaalla.

Tuodaan erilaisia varattuja kappaleita elektroskoopin osoittimen lähelle.

Kun osoittimen lähelle tuodaan esimerkiksi silkillä hangattu toinen polyeteenimuovin palanen, muovit hylkivät toisiaan. Sen sijaan hankauksessa käytetty silkkikangas vetää osoitinta puoleensa.

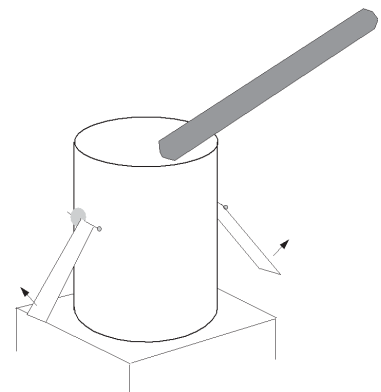
## 2. Säilykepurkkielektroskooppi



Tyhjän ja puhtaan säilykepurkin reunoihin kiinnitetään silkkipaperista tai alumiinifoliosta tehdyt osoittimet sinitarraan pistetyn muovipäisen nuppi-neulan avulla. Purkki asetetaan jonkin eristeen, esimerkiksi muovisen vadin päälle.

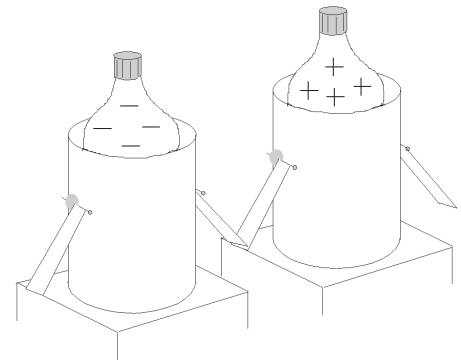
Jokin kappale varataan hankaamalla ja sillä kosketetaan purkkia. Purkkiin kannattaa tuoda varausta useita kertoja.

Havaitaan, että osoittimet nousevat purkin sivuille. Varattu kappale varaa koko elektroskoopin osoittimien samanmerkkiseksi, joten purkki hylkiä osoittimia.



Varaus purkautuu, kun purkkiin kosketaan kädellä.

Tehdään kaksi elektroskooppia, joista toisella on silkkipaperi- ja toisella alumiinifolio-osoittimet. Varataan ne erimerkkisesti laittamalla toiseen purkkiin hangattu muovipullo ja toiseen hangattu lasipullo. Muovipullo varautuu hyvin, kun sitä hangataan silkillä. Lasipulloa kannattaa hangata pehmeällä muovilla, esimerkiksi pakastemuovipussilla. Purkit viedään toistensa lähelle niin, että osoittimet koskettavat toisiaan. Purkkeja siirrettäessä kosketaan vain purkkien alla olevaan eristeosaan, jotta varaus ei karkaa.



Osoittimet laskeutuvat takaisin alas. Jos purkit tuodaan useasti toistensa lähelle, osoittimet jäävät toisiinsa kiinni.

Huom!

Mehu- ja metallipurkkielektroskooppien erona on se, että vain metallielektroskooppiin voidaan tuoda lisää varausta ja varastoida sitä. Mehupurkkielektroskoopin toiminta perustuu osoittimen polarisoitumiseen.

Pohditaan, olisiko joissakin tilanteissa etua siitä, että kappaleet eivät varaudu helposti.

Helposti sähköistyvät vaatteet eivät ole välttämättä miellyttäviä käytössä. Pyykin huuhteluaineet poistavat vaatteiden sähköisyyttä. Joissakin tehtaissa tai laboratorioissa tarvitaan tiloja, joissa lattia tai huonekalut eivät saa varautua lainkaan. Tietokoneiden ja muiden herkkien sähkölaitteiden valmistuksessa pienetkin varauspurkaukset voivat aiheuttaa vaurioita. Herkästi syttyvien aineiden, kuten bensiinin, läheisyydessä pienikin sähkökipinä saattaa aiheuttaa tulipalon.

Lähdeviite: Siddons Colin. (1990). Fysiikan kokeita. Otava, Keuruu.

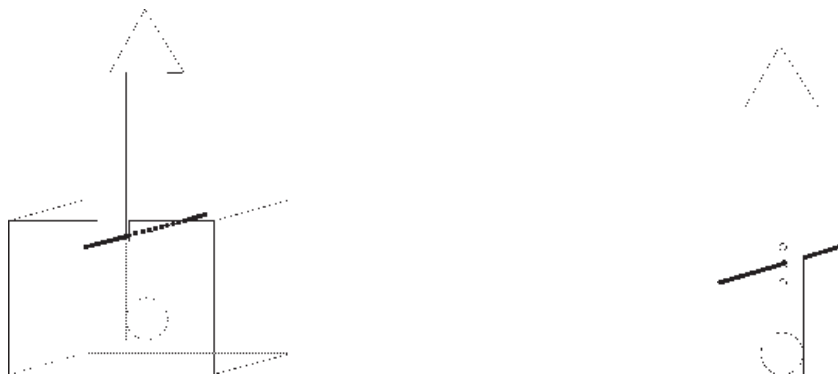
## 7. ELEKTROSKOOPPI ELI SÄHKÖVARAUKSEN TUNNISTIN

### Välineet

- tyhjiä mehu- tai maitotölkkejä
- pahvia
- ohutta metallilankaa
- kolikoita
- sinitarraa tai teippiä
- muovi-, metalli- ja lasiesineitä, myös kumia, posliinia ja muuta vastaavaa
- villakangasta tai turkista
- silkkiä
- polyeteenimuovia (esimerkiksi kanisterit)
- säilykepurkkeja
- muovipurkkeja
- silkkipaperia
- alumiinifoliota
- nuppineuloja

### 1. Mehupurkkielektroskooppi

1. a) Rakenna kuvan mukainen elektroskooppi pahvista ja tyhjästä tölkestä. Leikkaa telineenä käytettävä tölkki kahtia ja tee siihen pienet lovet. Leikkaa pahvista noin 10–20 cm pitkä osoitin ja aseta sen alaosaan painot, joiksi sopivat esimerkiksi sinitarralla tai paperiliittimellä kiinnitetyt kolikot. Pujota ohut metallilanka hieman kolikoiden yläpuolelle.



Kun osoitin asetetaan telineeseen lovien kohdalle, sen tulisi pysyä pystyssä. Jos näin ei tapahdu, siirrä metallilankaa sopivasti ylös- tai alaspäin.

- 1. b)** Hankaa erilaisia kappaleita esimerkiksi villalla tai silkillä, ja tuo ne osoittimen viereen. Jos kappale on varautunut, osoitin heilahtaa kappaletta kohti. Osoitin liikkuu sitä enemmän, mitä paremmin kappale on varautunut. Tutki, mitkä materiaalit varautuvat hyvin ja mitkä eivät näytä varautuvan lainkaan. Kirjaa tulokset taulukkoon.

Varautuu hyvin	Varautuu huonosti	Ei varaudu lainkaan

- 1. c)** Vaihda edellisen työn pahviosoitin muoviosoittimeen. Varaa osoitin hankaamalla sitä silkkikankaalla. Tuo osoittimen lähelle silkillä hangattu toinen polyeteenimuovin palanen. Mitä havaitset?

.....  
 .....  
 .....

Tuo osoittimen lähelle hankauksessa käytetty silkkikankaan palanen. Mitä havaitset?

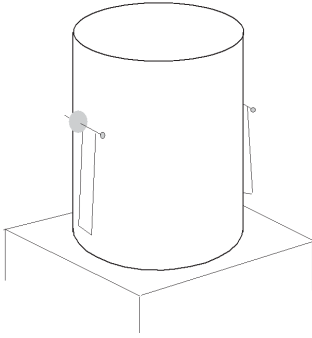
.....  
 .....  
 .....

Miksi osoitin käyttäytyi näin?

.....  
 .....  
 .....  
 .....

## 2. Säilykepurkkielektroskooppi

2. a) Kiinnitä tyhjän säilykepurkin reunoihin silkkipaperista tai alumiinifoliosta tehdyt osoittimet. Kiinnitä osoittimet sinitarraan pistetyn neulan avulla. Aseta purkki muovisen astian päälle.



Varaa purkki koskettamalla sitä hangatulla eboniittisauvalla tai muulla helposti varautuvalla kappaleella. Tuo varausta purkkiin muutaman kerran.

Mitä havaitset?

.....

.....

.....

Miten voit poistaa varauksen purkista?

.....

.....

2. b) Tee kaksi elektroskooppia, joista toisella on silkkipaperi- ja toisella alumiinifolio-osoittimet. Varaa ne erimerkkisesti laittamalla toiseen purkkiin hangattu muovipullo ja toiseen hangattu lasipullo. Muovipullo varautuu hyvin, kun sitä hangataan silkillä. Lasipulloa kannattaa hangata pehmeällä muovilla, kuten pakastemuovipussilla.

Vie purkit toistensa lähelle niin, että osoittimet koskettavat toisiaan. Purkkeja siirrettäessä koske vain purkkien alla olevaan eristeosaan, jotta varaus ei karkaa.

Mitä tapahtuu?

.....

.....

.....

.....

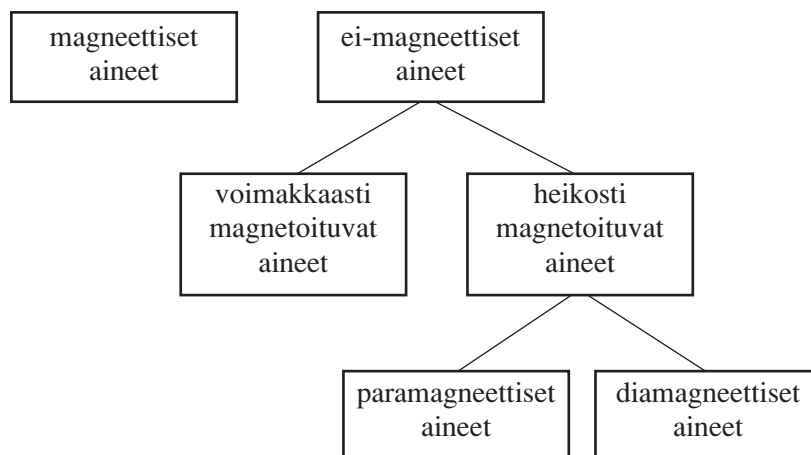
# MAGNETISMI

## OPETTAJAN ALKUPALAT

Magneeteilla on monenlaisia käyttötarkoituksia. Kaikille ovat tuttuja esimerkiksi jääkaappimagneetit, lelujen magneetit ja kompassineula. Magneetteja käytetään myös kaiuttimissa, polkupyörän lampun dynamossa ja kodinkoneiden sähkömoottoreissa.

Magnetismi voidaan jakaa kahteen osaan, luonnon magnetismiin ja sähkömagnetismiin. Luonnon magneettien väliset vuorovaikutukset olivat 1800-luvulle ainoat tunnetut magneettiset ilmiöt. Tiedettiin, että kahden magneetin samannimiset navat karkottavat ja erinimiset navat vetävät toisiaan. Magneettien havaittiin vetävän puoleensa myös rautakappaleita, jotka eivät alunperin olleet magneetteja. Huomattiin myös, että magneettisen aineen avulla voitiin magnetoida tavallinen rautakappale. Vasta 1800-luvulla keksittiin, että myös sähkövirta saa aikaan magneettisia ilmiöitä.

Luonnon magnetismi voidaan jaotella oheisen kaavion mukaisesti:



*Magneettisia aineita* ovat vain tietyt maaperästä löytyvät magneettiset mineraalit sekä tehdasvalmisteiset kestopagneetit. Näiden magneettisuutta on erittäin vaikea poistaa.

*Ei-magneettiset aineet* eivät ole luonnostaan magneettisia, mutta ne vuorovaikuttavat magneettisten aineiden kanssa.

*Voimakkaasti magnetoituvat aineet*, kuten rauta, nikkeli ja koboltti, vuorovaikuttavat kestopagneettien kanssa. Näitä aineita kutsutaan myös ferromagneettisiksi aineiksi. Kestomagneettien ja ferromagneettisten aineiden välillä voi tuntea selvän vetovoiman. Magnetoituvista aineista voidaan valmistaa kestopagneetteja.

*Heikosti magnetoituvien aineiden* poisto- ja vetovoimat ovat niin pieniä, että niitä on vaikea havaita ilman erityisiä koejärjestelyjä. Magneetti vetää *paramagneettisia* aineita, kuten alumiinia, platinaa ja nestemäistä happea, heikosti puoleensa. *Diamagneettiset* aineet, kuten sinkki, kupari, lyijy, hiili ja hopea, pyrkivät pois magneettien läheisyydestä.

Aiheeseen liittyy paljon uusia käsitteitä ja nimityksiä, joihin oppilaiden ei kannata vielä ala-asteella keskittyä liikaa. Pääpaino on ilmiöiden havaitsemisessa. Kunkin työn yhteydessä esitetään kaavion avulla, mitä magneettisten aineiden luokkaa työssä käsitellään. Kaaviot on tarkoitettu tukemaan opettajan omaa jäsentelyä, eikä niitä tarvitse esittää oppilaille.

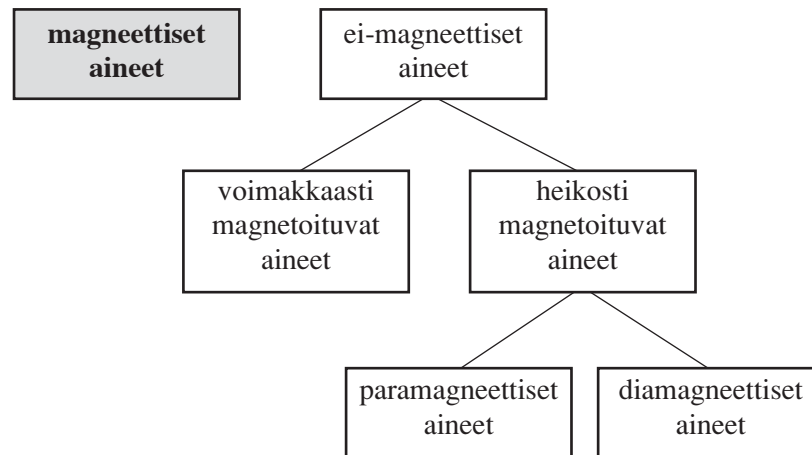
Nykyiset tehdasvalmisteiset magneetit ovat erimuotoisia kestopagneetteja, tavallisesti sauva-, nappi- tai U-magneetteja. Kaikki magneettityypit sopivat hyvin ilmiöiden tutkimiseen, joskin sauvamagneetit ovat useissa kokeissa käytännöllisimpiä.

## TÄSSÄ JAKSOSSA TARVITTAVIA VÄLINEITÄ

- erilaisia magneetteja: sauvamagneetteja, U-magneetteja, nappimagneetteja ja muita vastaavia
- eri materiaaleista valmistettuja kappaleita, esimerkiksi muovia, kumia, lasia, kangasta, eri metalliesineitä, kuten hopealusikoita, kupari- ja messinkinauloja, koruja
- rautaa sisältäviä kappaleita, kuten rautanuloja, teräslusikoita, paperiliittimiä, mahdollisuuksien mukaan myös luonnon malmikiviä
- pesuvati
- narua
- paperia
- styroksia tai leikkiveneitä
- ohuita pahvi- ja muovilevyjä
- sukkupeukkoja
- koeputki ja korkki
- nauhuri ja vanha, tarpeeton äänikasetti
- suunnistuskompassi
- kompassineula ja alusta (piikki)
- rautajauhetta sirottimesta
- tukeva pahvi- tai muovilevy, esimerkiksi läpinäkyvä muovirasian kansi
- neuloja
- paristoja (1,5 V ja 4,5 V)
- sähköjohdinta (muovilla päällystettyä kuparilankaa)
- teippiä
- pitkä rautanaula

Muita aiheeseen liittyviä tutkimusvälineitä (esimerkiksi rengas- ja pallomagneetteja) saa tiedekeskuksista ja joistakin tavarataloista.

# 1. MAGNEETTIEN VUOROVAIKUTUKSET



## Tavoitteet

- Opitaan, että magneettien päät joko vetävät toisiaan puoleensa tai hylkivät toisiaan eli ne ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa.
- Opitaan, että on olemassa erivahvuisia magneetteja.
- Havaitaan, että katkaistu magneetti käyttäytyy kuten ehjä magneetti.
- Havaitaan, että kahden magneetin välissä oleva aine (ei rautaa) ei vaikuta magneettien välisiin voimiin, mutta magneettien välinen etäisyys vaikuttaa.

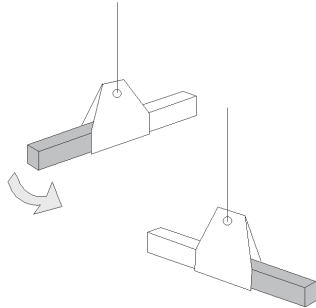
## Välineet

- sauvamagneetteja (mahdollisuuksien mukaan myös muita magneetteja)
- pesuvati
- lankaa
- paperia
- styroksia tai leikkiveneitä
- katkaistu magneetti
- rautanauvoja tai paperiliittimiä
- ohuita pahvi- ja muovilevyjä

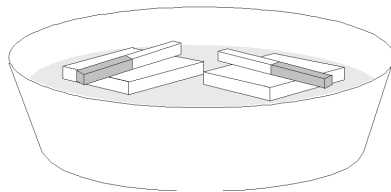
## Tutkimusprosessi

Oppilaat voivat tutkia seuraavia ilmiöitä “leikkimällä” erilaisilla magneeteilla (myös valmiiksi katkaistu magneetti) ja esimerkiksi rautanauvoilla tai paperiliittimillä. Opettaja voi ohjata oppilaita havaitsemaan yksittäisiä ilmiöitä johdattelukysymysten avulla. Ohjatumminkin ilmiöitä voidaan tutkia seuraavien koejärjestelyjen avulla. Tutkimuksista on myös valmis monistepohja.

1. Tutkitaan kahden sauvamagneetin käyttäytymistä seuraavilla vaihtoehtoisilla tavoilla.
  1. a) Oppilaille annetaan erilaisia magneetteja, joita siirrellään ja pyöritellään pöydän päällä.
  1. b) Ripustetaan magneetit langan ja paperin avulla kuvan mukaisesti.



1. c) Asetetaan magneetit styroksipalojen tai leikkiveneiden päälle isoon vesiastiaan, esimerkiksi pesuvatiin.



Havaitaan, että magneettien päät joko vetävät toisiaan puoleensa tai hylkivät toisiaan. Magneetin päiden eli napojen on siten oltava erilaisia. Napoja kutsutaan pohjois- ja etelänavaksi. Kahden magneetin erinimiset navat vetävät toisiaan puoleensa ja samannimiset navat hylkivät toisiaan. Magneettien navat on usein maalattu erivärisiksi.

2. Katkaistaan sauvamagneetti rautasahalla ja tutkitaan katkaistun magneetin osien vaikutusta toisiinsa.

Havaitaan, että katkaistu magneetti käyttäytyy kuten alkuperäinen magneetti: myös siinä päät ovat erinimiset, ja ne vaikuttavat toisiinsa samoin kuin ehjä magneetti. Magneetin napoja ei näin ollen voida erottaa toisistaan katkaisemalla.

3. Vertaillaan eri magneettien voimakkuuksia. Pohditaan keinoja magneettien voimakkuuksien vertailuun. Oppilaille annetaan apuvälineiksi rautanauloja tai paperiliittimiä. Kokeillaan, kuinka monta niitä saadaan tarttumaan eri magneettien päihin ketjuksi peräkkäin.

Se magneetti, johon tarttuu eniten nautoja, on voimakkain.

4. Vaihdeltaan magneettien välistä etäisyyttä ja pohditaan, miten välimatka vaikuttaa magneettien väliseen voimaan.

Mitä lähempänä magneettien navat ovat, sitä suurempi niiden välinen voimavaikutus näyttää olevan. Kun magneetit ovat tarpeeksi kaukana toisistaan, niiden välillä ei voida havaita lainkaan veto- tai hylkimisvoimaa.

5. Tutkitaan magneettien välistä vetovoimaa asettamalla kahden sauvamagneetin väliin eriaineisia ohuita esineitä, esimerkiksi paperiarkkeja, pahvia ja viivoitin.

Huom!

Koska koulukäytössä olevat magneetit ovat usein heikkoja, magneettien väliin laitettavat esineet eivät saa olla liian paksuja. Riittävän kaukana toisistaan olevat magneetit eivät vaikuta toisiinsa, olipa niiden välissä esineitä tai ei.

Havaitaan, että väliaineet eivät näytä vaikuttavan veto- ja hylkimisvoimiin.

## 1. MAGNEETTIEN VUOROVAIKUTUKSET

### Tarvittavat välineet

- erilaisia magneetteja
- katkaistu magneetti
- rautanauloja
- paperia, ohuita pahvi- ja muovilevyjä

1. Tee yksi tai useampi kokeista a–c.

1. a) Siirtele magneetteja toistensa läheisyydessä. Mitä havaitset?

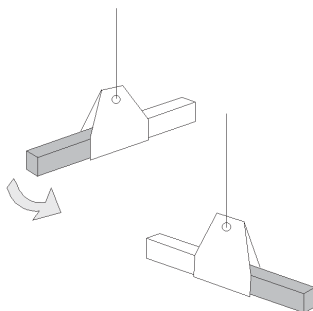
.....

.....

.....

.....

1. b) Ripusta magneetit langan ja paperin avulla kuvan mukaisesti. Mitä havaitset?



.....

.....

.....

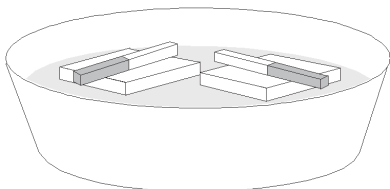
.....

.....

.....

.....

1. c) Aseta magneetit styroksipalojen tai leikkiveneiden päälle isoon vesiastiaan, esimerkiksi pesuvatiin. Miten magneetit käyttäytyvät?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Vertaa katkaistun magneetin palasia ehjään magneettiin. Havaitsetko eroja?

.....

.....

.....

.....

.....

3. Miten voit vertailla eri magneettien voimakkuuksia rautanaulojen tai paperiliittimien avulla?

.....

.....

.....

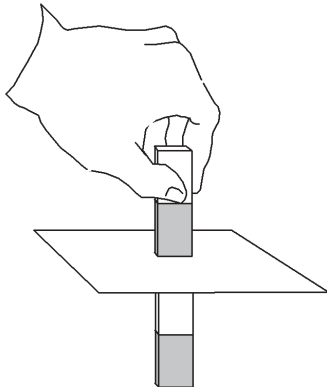
4. Miten välimatka vaikuttaa magneettien välillä tuntuvaan voimaan?

.....

.....

.....

5. Laita kahden magneetin väliin paperi, pahvilevy tai vaikkapa muovikalvo. Vaikuttavatko nämä aineet magneettien väliseen vetovoimaan?



.....

.....

.....

.....

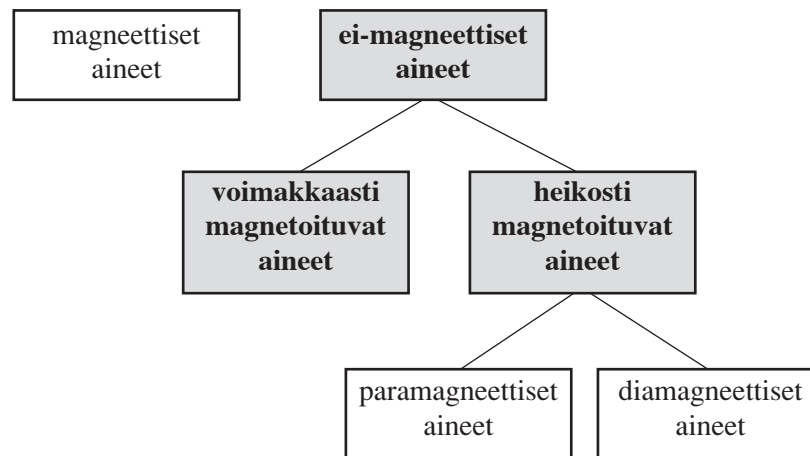
.....

.....

.....

.....

## 2. AINEIDEN MAGNEETTISTEN OMINAISUUKSIEN LUOKITTELU



### Tavoite

- Opitaan luokittelemaan aineet niiden magneettisten ominaisuuksien mukaan.
- Opitaan, että magneetti vetää puoleensa rautaa ja sen seosaineita, kuten terästä.

### Välineet

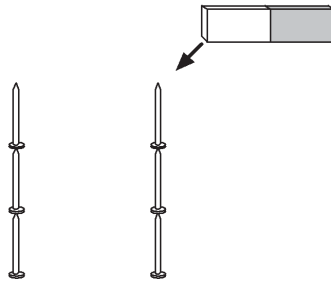
- erilaisia magneetteja
- eri materiaaleista valmistettuja kappaleita, muovia, kumia ja lasia, kangasta ja eri metalliesineitä, kuten hopealusikoita, kupari- ja messinkinauloja ja koruja
- rautaa sisältäviä kappaleita, kuten rautanauloja, teräslusikoita ja paperiliittimiä
- mahdollisuuksien mukaan myös luonnon malmikiviä

### Tutkimusprosessi

1. Oppilaille annetaan laatikko, joka sisältää eri materiaaleista valmistettuja kappaleita. Opettaja antaa oppilaille magneetin ja pyytää oppilaita jaottelemaan kappaleet sen avulla. Havaitaan, että magneetti tarttuu joihinkin kappaleisiin, toisiin ei. Lisäksi havaitaan, että tarttumisvoimakkuuksissa on eroja.
2. Jatketaan tutkimusta etsimällä luokasta ja muusta ympäristöstä kappaleita, joissa on rautaa. Oppilaat voivat tehdä taulukon vihkoon tai käyttää valmista monistepohjaa.

Pohditaan, mitä ainetta ne kappaleet sisältävät, joihin magneetti tarttuu (rauta ja sen seokset, kuten teräs).

3. Tutkitaan erikseen niitä aineita, jotka tarttuvat magneettiin. Tarttuvatko esimerkiksi tavalliset rautanaulat toisiinsa?



Havaitaan, että naulat eivät vuorovaikuta keskenään, mutta sen sijaan magneettiin voidaan kiinnittää useita nautoja peräkkäin. Tällaisia metalleja tai metalliseoksia kutsutaan ei-magneettisiksi.

Jos käytössä on magneettisia luonnon malmikiviä, kuten magnetiittia tai magneetikiisua, havaitaan, että kyse on todella luonnosta löytyvästä ilmiöstä.

### Magneettien löytöhistoriaa

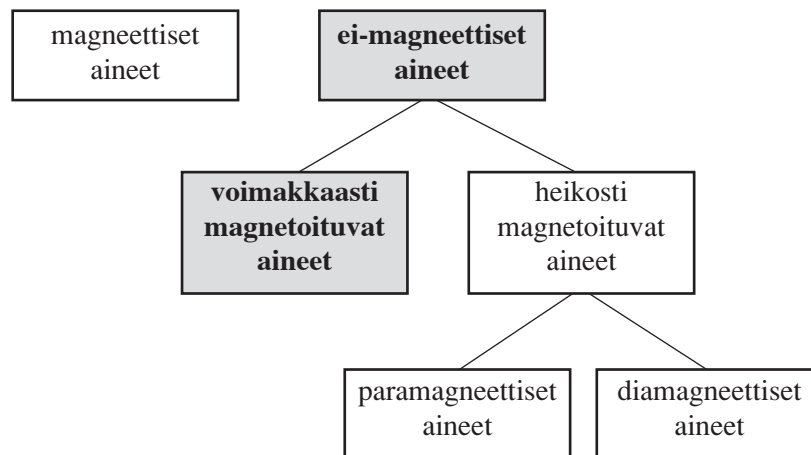
Rautaa puoleensa vetävät malmikivet tunnettiin jo antiikin Kreikassa. Filosofin Thales Miletolainen esitti n. 550 eKr, että magneetikivellä oli oltava sielu, koska se voi saada aikaan liikettä. Magneettista malma kutsuttiin Herkuleen kiveksi sen voimavaikutuksen takia. Varhain todettiin myös se, että magneettisuus voitiin siirtää magneettimalmista tavalliseen rautaan.

Magneetti-sanan alkuperä on epäselvä. Yleisesti tunnetun selityksen mukaan nimi sai alkunsa vähässä-Aasiassa sijainneesta Magnesian kaupungista, jonka lähellä oli suuri esiintymä magnetiittimalmia. Toisen selityksen esitti Plinius vanhempi teoksessaan Luonnonhistoria; sen mukaan magneetikiven keksi Magnes-niminen paimen huomattessaan sandaaliensa rautanaulojen ja paimensauvansa rautakärjen tarttuvan kiveen.

Magneetteja käytetään esimerkiksi leluissa, jääkaappimagneetteina sekä akvaariossa levän poistamiseen. Voimakkaita magneetteja tarvitaan muun muassa autonromuttamoilla, joissa magneeteilla siirretään romuautoja paikasta toiseen. Tällaiset magneetit ovat sähkömagneetteja, joita käsitellään viimeisessä luvussa.



### 3. AINEEN MAGNETOINTI



#### Tavoitteet

- Opitaan magnetoimaan rautaesineitä niin, että magneettisuus jää niihin pysyväksi.
- Opitaan poistamaan magneettisuus.

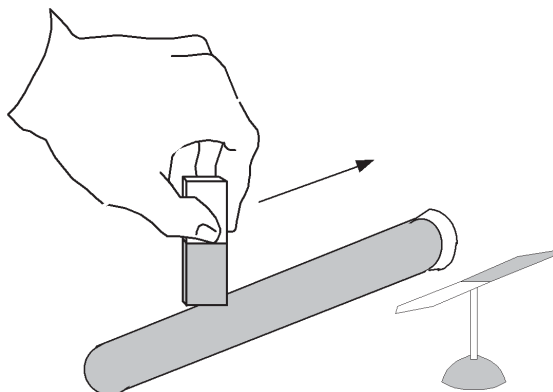
#### Välineet

- sauvamagneetti
- koeputki ja korkki
- rautajauhetta
- rautanaula tai sukkapuikko
- nauhuri ja vanha, tarpeeton äänikasetti

#### Tutkimusprosessi

Katso myös monistepohja.

1. a) Rautajauhetta kaadetaan koeputkeen ja se suljetaan korkilla. Koeputkea sivellään pitkin, yhdensuuntaisin vedoin vähintään 10 kertaa. Koeputki viedään herkkäliikkeisen magneettineulan lähelle. Selvitetään oppilaille, että neula on kevyt magneetti.



Havaitaan, että koeputki ja magneettineula joko vetävät tai hylkivät toisiaan sen mukaan kummat päät tuodaan lähelle toisiaan. Magneetilla on siis sekä pohjois- että etelänäpa. Koeputkessa oleva rautajauhe on magnetoitunut, eli siitä on tullut magneetti. (Sen magneettisuus on kuitenkin melko heikko, joten esimerkiksi rautanaulat eivät tartu siihen.)

Tavallinen rautanaula tai rautainen sukkapuikko viedään magneettineulan lähelle. Havaitaan, että nekin tarttuvat neulaan kiinni, mutta poistovoimia ei ole havaittavissa. Tavallinen, magnetoimaton rautanaula ei ole magneetti, mutta siitäkin voidaan tehdä magneetti sivelemällä sitä sauvamagneetilla.

1. b) Koeputkessa olevaa rautajauhetta ravistellaan voimakkaasti. Putki viedään magneettineulan lähelle.

Havaitaan, että koeputki ei ole enää magneetti.

Magnetoidun rautanaulan tai sukkapuikon magneettisuutta voidaan heikentää naputtelemalla esinettä. Magneettisuutta voi olla hyvin vaikea poistaa kokonaan.

Keskiajalla magnetismiin liitettiin monenlaisia taikoja ja uskomuksia. Luultiin, että magneettivoima katoaa, kun magneettia hangataan valkosipulilla ja että timanteilla voitaisiin magnetoida rautanauvoja. Magneettista kiveä jauhettiin lemmenjuomiin, jotta ihmisten välinen rakkauden vetovoima kasvaisi. Magneetilla oli uskomusten mukaan myös lääketieteellisiä ominaisuuksia, kuten kihdin karkottaminen.

2. Kuunnellaan äänikasettia. Nauhaa vedetään ulos noin metrin verran, ja nauhaa sivellään magneetilla muutaman kerran. Kuunnellan nauhaa uudelleen.

Havaitaan, että nauhalle on tullut häiriöitä. Tämä johtuu siitä, että nauhan pinnassa on pieniä rautahiukkasia, joiden magnetoitumiseen äänen tallennus perustuu.

Kasetteja ei saa säilyttää kaiuttimien läheisyydessä, koska kaiuttimet sisältävät voimakkaita magneetteja. Myös pankkikorttien toiminta perustuu kortissa olevaan magneettiraitaan. Kortti menee käyttökelvottomaksi, jos sen lähelle tuodaan voimakas magneetti.

### Miksi näin?

Aineen magneettiset ominaisuudet voidaan selittää sen rakenneosien magneettisten ominaisuuksien avulla. Useimpien aineiden atomit ovat itse pieniä magneetteja. Ferromagneettisissa aineissa atomit ovat järjestyneet niin kutsutuiksi alkeisalueiksi, joissa atomimagneetit ovat samansuuntaisia. Kun tällaisen aineen lähelle tuodaan magneetti, alkeisalueet järjestyvät samansuuntaisiksi ja aineesta tulee magneettinen.

Kun sukkapuikkoa sivellään, alkeisalueet asettuvat yhdensuuntaisiksi sivelysuunnan kanssa. Yhdensuuntaisina ne vahvistavat toisiaan, ja sukkapuikosta tulee magneetti.



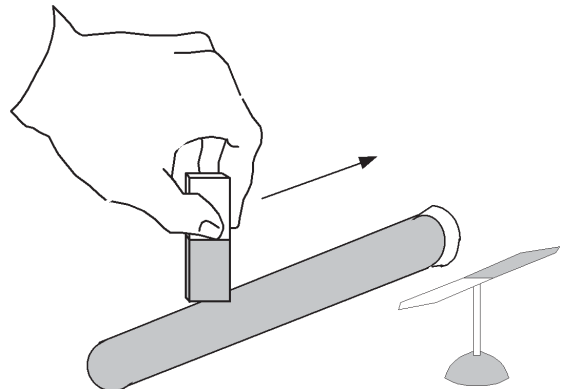
Nuolet kuvaavat alkeisalueita, jotka koostuvat järjestäytyneistä atomeista.

### 3. AINEEN MAGNETOINTI

#### Välineet

- sauvamagneetti
- koeputki ja korkki
- rautajauhetta
- rautanaula tai sukkaupikko

1. a) Kaada rautajauhetta koeputkeen ja sulje se korkilla. Sivele koeputkea pitkin, yhdensuuntaisin vedoin vähintään 10 kertaa.



1. b) Tutki, miten magneettineula ja koeputki käyttäytyvät toistensa läheisyydessä. Havainnot:

.....

.....

.....

1. c) Vie rautanaula tai rautainen sukkaupikko magneettineulan lähelle. Mitä havaitset?

.....

.....

.....

1. d) Sivele naulaa tai sukkaupikkoa sauvamagneetilla samoin kuin koeputkea. Miten niiden käyttäytyminen magneettineulan lähellä eroaa aikaisemmasta?

.....

.....

.....

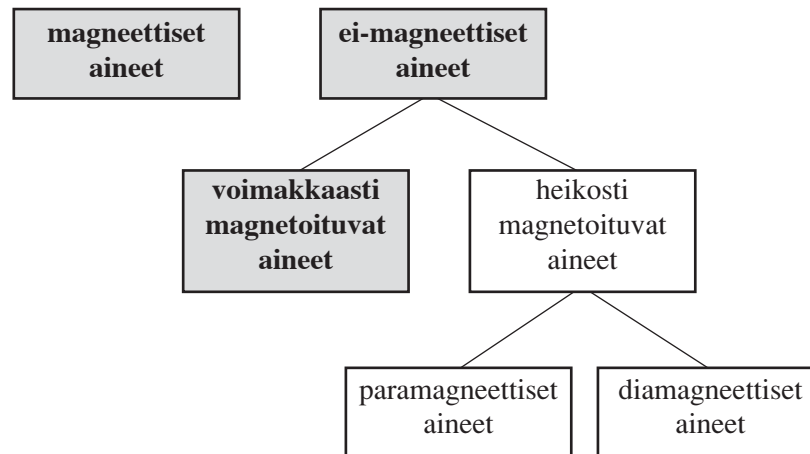
1. e) Ravistele koeputkessa olevaa rautajauhetta voimakkaasti. Vie putki magneettineulan lähelle. Mitä havaitset?

.....

.....

.....

## 4. MAGNEETTIENTÄ



### Tavoitteet

- Opitaan, että näkymätön magneettikenttä saadaan näkyville rautajauheen avulla.
- Opitaan, millaisia magneettikenttiä magneeteilla on eri tilanteissa.

### Välineet

- sauvamagneetteja ja mahdollisesti U-magneetteja
- rautajauhetta sirottimessa
- tukeva pahvi- tai muovilevy, esimerkiksi läpinäkyvä muovirasian kansi tai piirtoheittimen kalvolaatikon kansi
- rautanauvoja

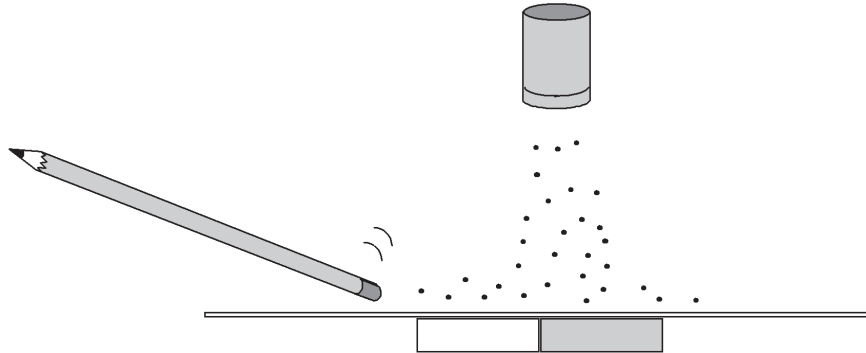
Huom!

Jos rautajauhetta joutuu magneetteihin, sen irrottaminen niistä on erittäin hankalaa.

### Tutkimusprosessi

Katso valmis monistepohja. Lisäksi oppilaat voivat tutkia itsenäisesti muita asetelmia ja erilaisia magneetteja.

1. a) Sauvamagneetti asetetaan pöydälle tukevan levyn alle. Levyn päälle sirotellaan tasaisesti rautajauhetta. Levyä napautetaan kevyesti esimerkiksi kynällä, jotta ilmiö näkyisi selvemmin. Vaihtoehtoisesti koe voidaan suorittaa piirtoheittimelle asetetun jäykän, läpinäkyvän muovilevyn päällä.



Havaitaan, että rautajauhe asettuu magneetin ympärille viivoiksi. Nämä viivat, joita kutsutaan kenttäviivoiksi, kuvaavat magneetin ympärillä olevaa magneettikenttää. Rautajauhe on kasautunut hyvin tiheästi magneetin napojen kohdalle.

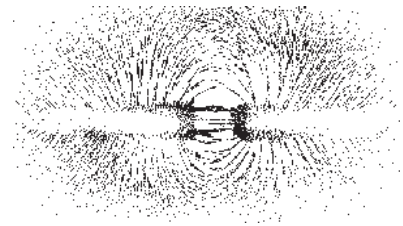


1. b) Kokeillaan rautanaulan avulla, mihin magneetin kohtaan naula tarttuu parhaiten.

Havaitaan, että naula tarttuu parhaiten magneetin päihin, joihin myös rautajauhe kasautuu. Magneetin päissä kenttä on voimakkain.

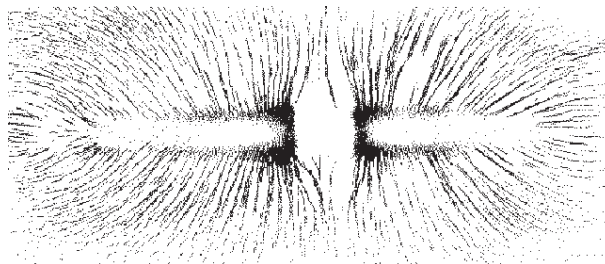
2. Pahvilevyn alle asetetaan kaksi sauvamagneettia erinimiset navat vastakkain.

Nähdään, että rautajauhe asettuu tiheästi napojen väliin, eli kentän voimakkuus on siinä kohdassa suuri.



3. Samannimiset navat asetetaan vastakkain.

Nähdään, että kenttäviivat kaartuvat toisistaan pois päin. Navat siis hylkivät toisiaan.

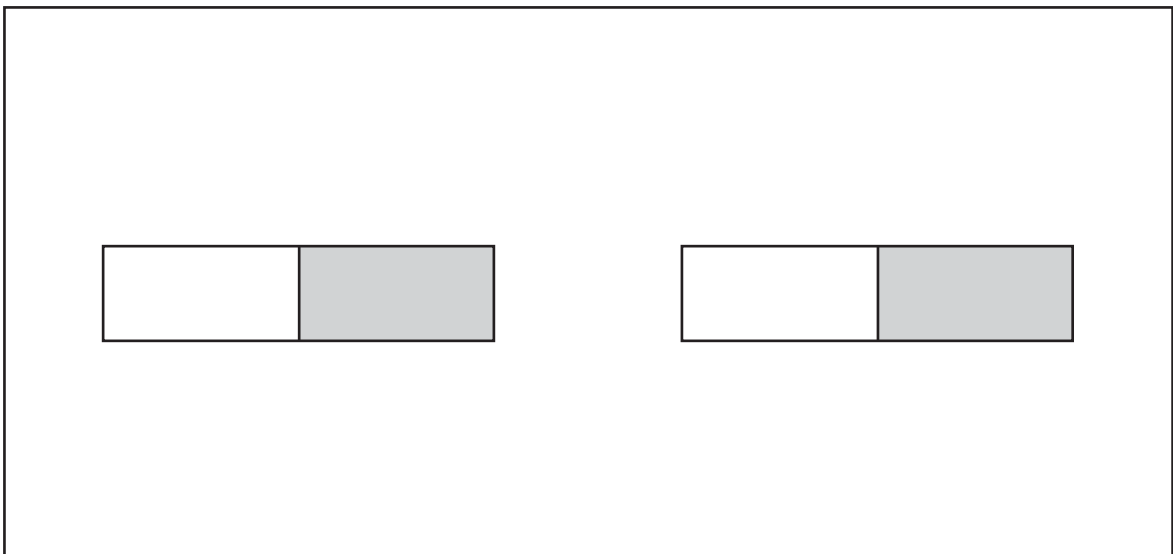
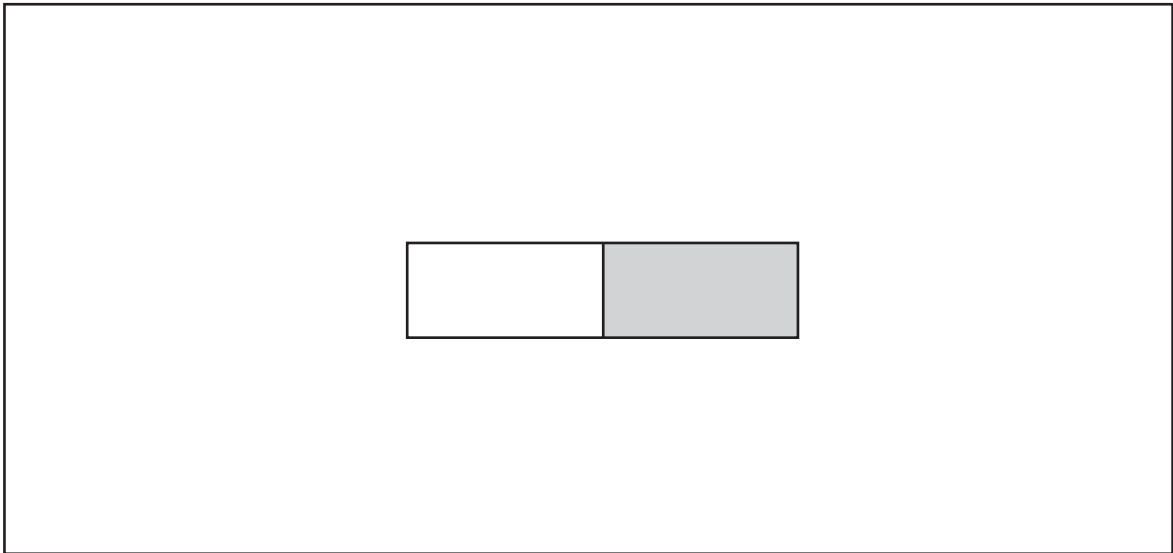


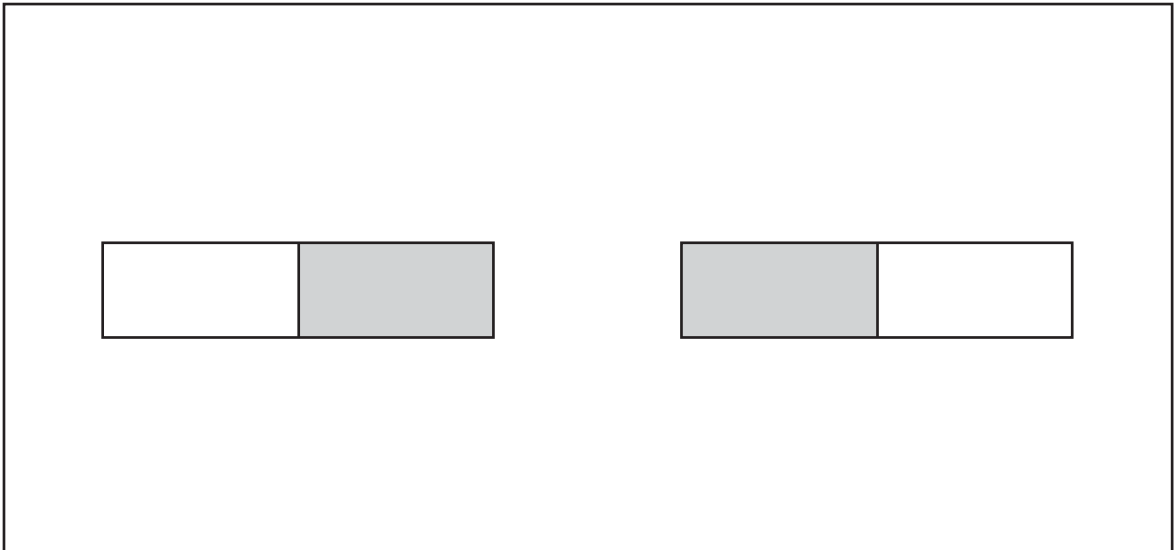
## 4. MAGNEETTIKENTTÄ

### Välineet

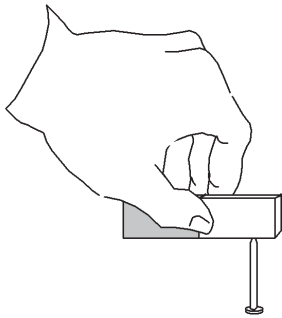
- sauvamagneetteja, U-magneetteja, nappi- ja rengasmagneetteja
- rautajauhetta sirottimessa
- tukeva pahvi- tai muovilevy

1. Magneetin näkymätön voimakenttä saadaan näkyväksi rautajauheen avulla. Aseta sauvamagneetti pöydälle ja laita sen päälle levy. Sirottele rautajauhetta levyn päälle. Syntyviä viivoja nimitetään magneetin kenttäviivoiksi. Piirrä ne näkyviin eri tapauksissa. Kokeile myös muita itse keksimiäsi mahdollisuuksia ja erilaisia magneetteja.





2. Kokeile, miten rautanaula tarttuu magneetin eri kohtiin, ja vertaa tutkimustuloksiasi piirtämiisi kuviin.



.....

.....

.....

.....

.....

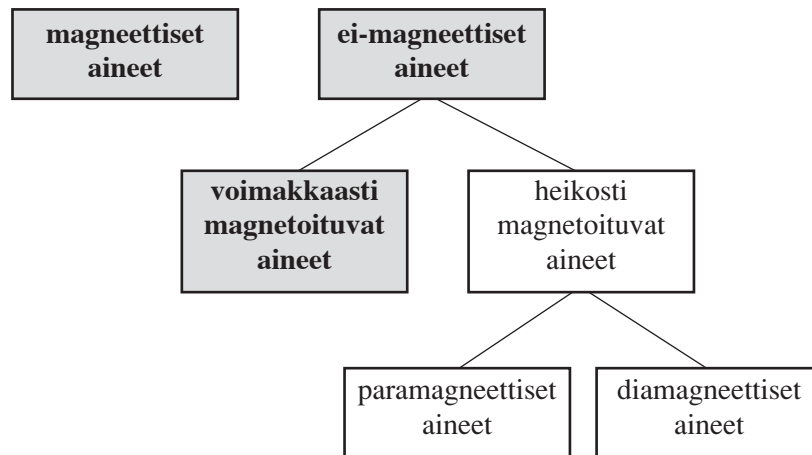
.....

.....

.....

.....

## 5. MAAN MAGNEETTIENTÄ

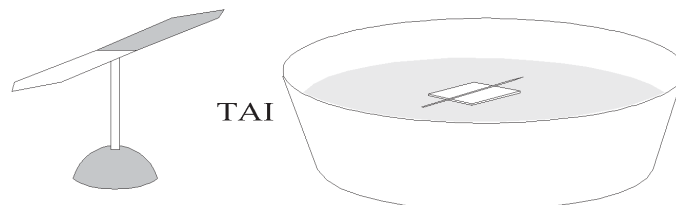


### Tavoitteet

- Opitaan kompassin toimintaperiaate.
- Todetaan, että maapallo on suuri magneetti.

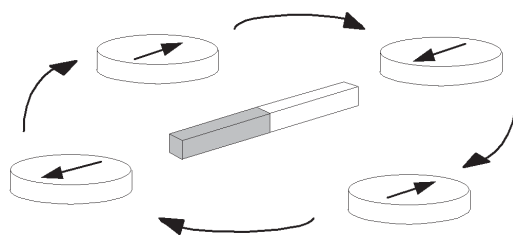
### Välineet

- suunnistuskompassi
- kompassineula ja alusta (piikki)
- suuri vesiastia (pesuvati), styroksin pala ja neula



### Tutkimusprosessi

1. Tutkitaan kompassineulaa. Magneetti asetetaan pöydälle ja kompassia liikutetaan sen ympärillä.



Havaitaan, että kompassineula liikkuu magneetin vaikutuksesta. Lisäksi se asettuu eri kohdissa tietyllä tavalla (päissä kompassineulan pohjoisnapa osoittaa magneetin etelänapaan ja toisinpäin). Kompassineula itsekin on siis magneetti.

2. Tutkitaan kompassin toimintaperiaatetta seuraavien vaihtoehtojen avulla. Kaikissa koejärjestelyissä magneetit asetetaan eri puolille luokkahuonetta. Koetta tehtäessä on pidettävä huoli siitä, ettei magneettineulojen läheisyydessä ole suuria rautaesineitä.
  2. a) Käytetään magneettineuloja, jotka on asetettu piikin varaan siten, että ne pääsevät liikkumaan herkästi.
  2. b) Pesuvati täytetään vedellä, ja vadin keskelle asetetaan styroksipala, jonka päällä on magnetoitu neula (magnetointi esitetään kappaleessa 3).
  2. c) Yhtä sauvamagneettia riiputetaan paperin ja narun avulla.

Havaitaan, että kaikki magneetit tai magnetoidut neulat kääntyvät samansuuntaisiksi toisiinsa nähden. Pohditaan ilmansuuntia ja todetaan, että neulat ovat asettuneet pohjois-eteläsuuntaan.

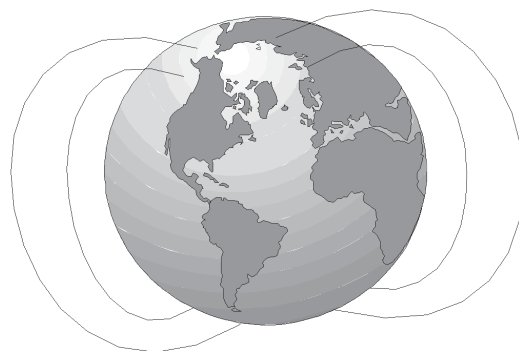
3. Tutkitaan ilmiötä samalla tavoin “oikean”, tehdasvalmisteisen kompassin avulla. Kompassineulan osoittamaa suuntaa verrataan edellisten neulojen suuntiin.

Kompassin neula asettuu magneettineulojen kanssa samansuuntaiseksi.

Pohditaan, miksi neulat, magneetit ja kompassineulat asettuvat tietynsuuntaisiksi, vaikka niiden lähellä ei ole toista magneettia.

Kokeiden perusteella todetaan, että maapallo on suuri magneetti, jolla on magneettinen pohjois- ja etelänapa. Edellisten kokeiden magneetit reagoivat Maan magneettikentän kanssa.

Sauvamagneetin pohjoiseen osoittavaa päätä on alettu kutsua pohjoisnavaksi (N) ja etelään osoittavaa päätä etelännavaksi (S). Täten magneettinen etelänapa sijaitsee maantieteellisen pohjoisnavan läheisyydessä ja toisinpäin. Korostetaan sitä, että maantieteelliset navat ja magneettiset navat ovat täysin eri asia. Tarkalleen ottaen ne eivät edes sijaitse samoissa kohdissa. Joskus magneettinapojen sijasta puhutaan magneetin etelä- ja pohjoiskohtioista.



Maapallon magneettikentän muoto

### **Kompassin historiaa**

Kompassi kehittyi muinaisten kiinalaisten taikakalusta käyttökelpoiseksi laitteeksi noin vuodesta 100 jKr eteenpäin. Ensimmäinen kompassi oli magneetikivestä valmistettu lusikka, joka pantiin pyörimään sileälle levyille. Kun lusikan pyöriminen loppui, varsi osoitti etelään. Kompassia käytettiin muun muassa rakennusten suunnittelussa, sillä uskomusten mukaan talon onni riippui siitä, miten rakennus sijaitsi ilmansuuntiin nähden. Seuraava kompassimalli oli magnetoitu teräsneula, joka kellui vedessä olevan korkin päällä.

1200-luvulla kompassi tunnettiin kaikkialla. Merimatkoja uskallettiin pidentää, sillä kompassi teki suunnistamisen mahdolliseksi myös sumuisella säällä. 1500-luvulla, kun luottamus kompassiin oli kasvanut tarpeeksi, aloitettiin suuret löytöretket. Englantilainen luonnonfilosofi ja kuningattaren hovilääkäri William Gilbert (1544–1603) oli ensimmäinen, joka selitti maapallon olevan magneettinen.

## 6. SÄHKÖMAGNETISMI

### Tavoitteet

- Opitaan valmistamaan sähkömagneetti.
- Opitaan, että myös sähkövirta synnyttää magneettikentän.

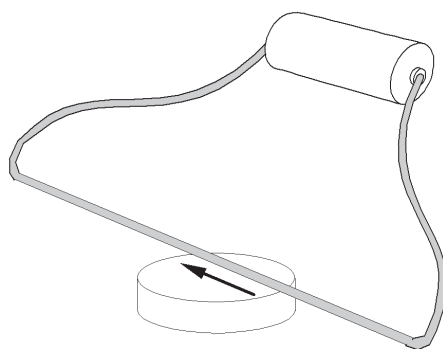
### Välineet

- paristoja (1,5 V ja 4,5 V)
- sähköjohdinta (muovilla päällystettyä kuparilankaa)
- pitkä rautanaula tai sukkapuikko
- rautajauhetta tai pieniä rautanauvoja
- kompassi
- teippiä

### Tutkimusprosessi

Katso valmis monistepohja.

1. Pöydälle asetetaan kompassi. Aivan kompassin päälle tuodaan johdin, joka kulkee kompassineulan suuntaisesti (pohjois-eteläsuuntaan). Yhdistetään hetkeksi johdin 1,5 voltin pariston napoihin. Varmistetaan, että johtimen metallilanka koskettaa pariston napoja. Eristemuovia voidaan kuoria hieman langan ympäriltä. Johdin irrotetaan välillä paristosta. Näin nähdään, miten neula asettuu, kun johtimessa ei kulje sähkövirta.



Havaitaan, että kompassin magneettineula liikkuu. Johtimessa kulkeva sähkövirta aiheuttaa magneettisuutta. Kompassineula reagoi tähän magneettisuuteen.

Huom!

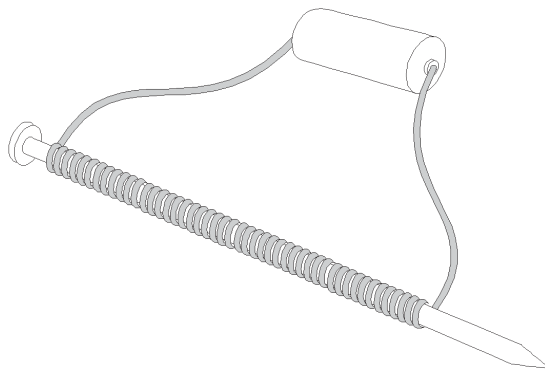
Jos neula ei reagoi selvästi, kytke lisää paristoja sarjaan (eli peräkkäin plus- ja miinusnavat vastakkain).

2. Valmistetaan kuvan mukainen laite (sähkömagneetti). Johtimien päät voidaan esimerkiksi teipata pariston napoihin. Varmistetaan, että johtimen metallilanka koskettaa pariston napaa. Johdinta kierretään vähintään 30 silmukkaa naulan ympärille. Johdinta voidaan kiertää useita kerroksia päällekkäin.
2. a) Tutkitaan, mitä pöydällä olevalle rautajauheelle tai pienille rautanauiloille tapahtuu, kun laite tuodaan sen lähelle.



### Työturvallisuus

Jos kierroksia on liian vähän, johdin kuumenee.



Kun johtimet koskettavat pariston napoja, pöydällä oleva rautajauhe tarttuu rautanaulaan.

2. b) Kun johtimet irrotetaan, magneettisuus häviää ja rautahiukkaset irtoavat naulasta.
2. c) Johdinsilmukoiden määrää lisätään ja tutkitaan ilmiön voimakkuutta.  
Mitä enemmän kierroksia on, sitä enemmän rautajauhetta magneettiin tarttuu.
2. d) Vaihdetaan 1,5 V:n pariston tilalle suurempijännitteinen paristo, esimerkiksi 4,5 V. Sähkömagneetin voimakkuutta verrataan edelliseen kohtaan.  
Mitä suurempi on jännite, sitä enemmän rautajauhetta magneettiin tarttuu.
2. e) Kokeillaan, mikä on rautanaulan vaikutus. Naula poistetaan varovasti ja pelkkä "johdinsilmukkaputki" viedään rautajauheen lähelle.

Havaitaan, että sähkömagneetin voimakkuus ilman rautasydäntä on selvästi heikompi.

## Miksi näin?

Johtimessa kulkeva sähkövirta luo ympärilleen magneettikentän. Naula magneoituu ja vahvistaa siten kenttää. Laite toimii magneettina samoin kuin aiemmin tutkitut magneetit, mutta magneettisuus on saatu aikaan sähkön avulla. Siksi laitetta kutsutaan sähkömagneetiksi. Silmukoille kierrettyä johdinta kutsutaan käämiksi, ja naula on sen rautasydän.

Sähkömagneettisia ilmiöitä käytetään hyväksi kodin sähkölaitteiden moottoreissa, esimerkiksi tehosekoittimissa, pesukoneissa, jääkaapeissa ja muissa vastaavissa laitteissa.

## Sähkömagnetismin historiaa

1800-luvun alussa oli tehty joitakin havaintoja, jotka osoittivat, että sähköllä ja magnetismilla on jonkinlainen yhteys. Tiedettiin, että salama oli sähköinen ilmiö ja että salamanisku oli magnetoinut rautaesineitä. Lisäksi oli saatu joitakin laboratoriahavaintoja, jotka johdattivat tutkijoita ilmiön jäljille.

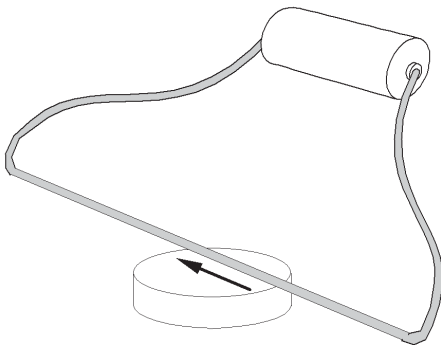
Ensimmäisenä sähkön ja magnetismin välisen yhteyden todisti kokeellisesti tanskalainen apteekkari ja fyysikko, professori Hans Christian Ørsted (1777–1851).

## 6. SÄHKÖMAGNETISMI

### Välineet

- useita paristoja (1,5 V ja 4,5 V)
- sähköjohdinta (esimerkiksi muovilla päällystetty kuparilanka)
- pitkä rautanauula tai sukkauiikko
- rautajauhetta tai pieniä rautanauuloja
- kompassi
- teippiä

1. Aseta pöydälle kompassi. Tuo aivan kompassin päälle johdin, joka kulkee kompassineulan suuntaisesti. Yhdistä hetkeksi johdin 1,5 voltin pariston napoihin. Mitä havaitset?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Irrota välillä johdin paristosta. Mitä havaitset?

.....

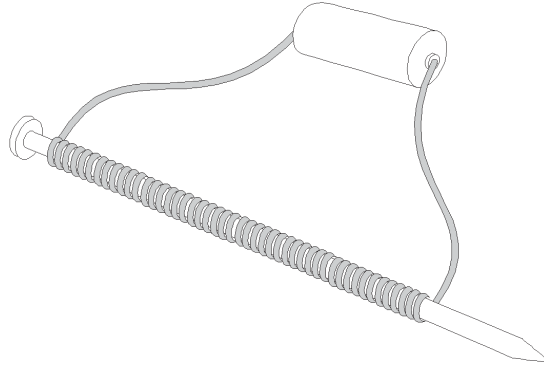
.....

.....

.....

.....

2. Valmista kuvan mukainen laite (sähkömagneetti). Johtimien päät voit esimerkiksi teipata pariston napoihin. Varmista, että johtimen metallilanka koskettaa paristojen napoja. Kierrä johdinta vähintään 30 silmukkaa naulan ympärille. Silmukat voivat mennä myös päällekkäin.



2. a) Tutki, mitä pöydällä olevalle rautajauheelle tapahtuu, kun viet laitteen sen lähelle.

.....  
 .....  
 .....

2. b) Mitä tapahtuu, kun johtimen päät irrotetaan pariston navoista?

.....  
 .....  
 .....

2. c) Lisää johdinkierrosten määrää: kierrä esimerkiksi 50 johdinsilmukkaa. Vertaa sähkömagneetin voimakkuutta tapaukseen, jossa kierroksia oli 30.

.....  
 .....  
 .....

2. d) Kokeile sähkömagneettia, jonka pariston jännite on suurempi, esimerkiksi 4,5 V. Vertaa sähkömagneetin voimakkuutta edelliseen kohtaan.

.....  
 .....

2. e) Kokeile, mikä on rautanaulan vaikutus. Poista naula varovasti, ja vie pelkkä "johdinsilmukkaputki" rautajauheen lähelle.

.....  
 .....  
 .....

# LÄMPÖ

## OPETTAJAN ALKUPALAT

Ympäröivässä luonnossa on valtava määrä erilaisia lämpöilmiöitä. Päivisin Aurinko lämmittää ilmaa, maaperää ja vesistöjä. Öisin ympäristö jäähtyy, jolloin varastoitunutta lämpöä siirtyy siitä pois. Järvien jäätyessä, jäiden sulaessa, veden haihtuessa järvistä ja meristä sekä vesihöyryn tiivistyessä sateeksi aine muuttaa olomuotoaan. Kasvit, eläimet ja ihmiset ovat aikojen saatossa sopeutuneet ympäristön lämpötilojen muutoksiin. Tähän liittyvät muun muassa tasa- ja vaihtolämpöisyys, lämmönsäätely hikoilemalla, vaha- ja rasvakerrokset ja höyhen- ja karvapeite. Ihmiset käyttävät sopivaa vaatetusta, eristävät talonsa tai asentavat niihin ilmastoinnin. Myös monia päivittäisessä elämässä tarvittavia kodinkoneita, kuten uunia, leivänpaahdinta ja jääkaappia, käytetään juuri lämmöntuottoon tai jäähdyttämiseen.

Lämpö on energiaa. Kappaleet voivat vastaanottaa ja luovuttaa lämpöä. Ihmisen iho tuntee siihen tulevan tai siitä poistuvan lämmön. Ihoon siirtyy lämpöä, kun seisoo lämpöpatterin vieressä tai koskettaa sitä. Pakkasessa seissyt lumikola tuntuu kylmältä, koska ihosta siirtyy lämpöä kolaan. Lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Myös olomuodon muutoksissa lämpöä siirtyy kappaleeseen tai siitä pois. Kuuman suihkun jälkeen paleltaa, koska iholla oleva vesi haihtuu ja ottaa tarvittavan energian iholta.

Lämpö voi siirtyä kolmella tavalla. Keittolevyn lämpö siirtyy kattilaan johtamalla. Taloja lämmitettäessä lämpö siirtyy kulkeutumalla veden mukana. Lämpö voi johtua ja kulkeutua vain jonkin aineen välityksellä. Auringon, hehkulampun ja lämpöpatterin energia siirtyy säteilemällä ja lämmittää ympäristöä. Säteilystä ei tarvitse edetä väliainetta, vaan voi edetä avaruudessakin, jossa on lähes tyhjiö.

Koskettamalla huoneen lämpötilassa olevia metalli- ja puuesineitä havaitsee, että ne tuntuvat erilämpöisiltä. Metallit tuntuvat selvästi kylmemmältä kuin puu. Myös pakkasessa tai kuumassa saunassa esineet tuntuvat erilämpöisiltä, vaikka niiden lämpötila on sama. Ihmisen iho on huono lämpömittari.

Ihminen ei pysty aistimaan lämpötilaa, vaan tuntee ihoon tulevan tai siitä poistuvan lämmön. Lämmöllä ja lämpötilalla on eri merkitykset. Huoneen lämpötilassa tai pakkasessa lämpöä siirtyy kädestä metalliin, koska ihon lämpötila on suurempi kuin metallin. Puukappaleeseen lämpöä siirtyy vähemmän, joten puu tuntuu lämpimämmältä. Saunassa sekä metalli että puu tuntuvat kuumilta, koska kylmempi iho aistii niistä ihoon siirtyvän lämmön. Metallit tuntuvat kuumemmalta kuin puu, koska se siirtää lämpöä paremmin. Jotkut materiaalit siirtävät lämpöä paremmin kuin toiset.

Pakkasella kova tuuli saa ilman tuntumaan vielä kylmemmältä kuin se todellisuudessa on. Tuuli kuljettaa tehokkaasti lämpöä pois iholta. Ihminen on tasaläm-

pöinen eli pyrkii säilyttämään kehon lämpötilan tasaisena. Vaikka tuuli siis vie iholta lämpöä, tuottaa ihminen sitä jatkuvasti lisää. Mutta kun lämpömittaria pitää tuulella esimerkiksi liikkuvan auton ikkunasta, voi havaita, että mittari näyttää samaa lukemaa kuin auton ollessa paikallaan. Mittari ei tuota lämpöä, jota tuuli voisi siirtää siitä pois.

Lämpötilan mittaaminen perustuu siihen, että mittari asettuu samaan lämpötilaan kuin tutkittava kappale. Kun mittari viedään huoneenlämmöstä kiehuvaan veteen, siihen siirtyy lämpöä ympäröivästä vedestä. Kun vesi ja lämpömittari ovat saavuttaneet saman lämpötilan, ei energiaa voi enää siirtyä kumpaakaan suuntaan. Tällöin mittari näyttää sekä veden että mittarin yhteistä lämpötilaa. Kun esimerkiksi elohopeamittari vastaanottaa lämpöä, elohopea laajenee ja lämpötilaa osoittava patsas nousee.

Lämpötilalla ei ole ylärajaa, mutta sillä on alaraja, absoluuttinen nolllapiste,  $-273\text{ °C}$ . Aineen atomirakenteen kannalta aineen lämpeneminen ilmenee sen pienten rakenneosasten liikkeen voimistumisena. Absoluuttinen nolllapiste vastaa tilannetta, jossa lämpöliikettä ei ole.

Näissä töissä tarvittavan lämpömittarin asteikon tulisi ulottua  $-30\text{ °C}$ :sta  $+100\text{ °C}$ :een. Kaikissa kokeissa ei kuitenkaan tarvita näin laajaa asteikkoa. Joissakin tutkimuksissa tarvitaan kuumennusvälineitä, kuten keittolevyä tai retkikeitintä ja kattilaa. Jos luokassa ei ole keittomahdollisuutta, voi opettaja kuumentaa vettä etukäteen ja tuoda sen luokkaan vaikkapa termospullossa. Kätevä laite veden lämmittämiseen on vedenkeitin. Joissakin tutkimuksissa tarvitaan myös kylmävälineitä, kuten jääkaappia, pakastinta tai kylmälaukussa tai termospullossa olevaa jäärouhetta.

Tietyt lämpöön liittyvät tutkimukset vievät usein lämmitysten ja jäähdytysten vuoksi pitkän ajan. Pienetkin lämpötilan muutokset vaativat paljon energiaa. Esimerkiksi energialla, jolla veden lämpötilaa nostetaan 10 astetta, voidaan sama vesimäärä viedä yli neljän kilometrin korkeuteen. Vastaavasti sama vesimäärä voitaisiin kiihdyttää nopeuteen 1 000 km/h.

## TÄSSÄ JAKSOSSA TARVITTAVIA VÄLINEITÄ

- kulhoja
- kuumavesipullo
- kynsilakanpoistoainetta tai väkevää alkoholia
- polkupyörän pumppu
- lämpömittareita
- jääkaappi, pakastin
- lunta tai jäätä
- pumpulia
- ohut putki, esimerkiksi kardemummaputkilo (tai ohut koeputki)
- kattila
- ruokaöljyä
- kuumentamiseen esimerkiksi hellan levy (vaihtoehtoisesti kuumaa vettä voi tuoda termospullossa)
- vedenkeitin
- spriiliukoinen tussi
- kuminauharenkaita
- tyhjiä mehu- tai maitotölkkejä
- tyhjä 1,5 litran limsapullo
- ilmapallo
- eri aineista valmistettuja (lähes) yhtä pitkiä esineitä, esimerkiksi teräs-, hopea- ja muovilusikka, puu- ja lasisauva, mielellään myös kuparisauva
- voita
- kuivattuja herneitä tai pippureita
- samanlaisia ja samankokoisia lasipulloja korkkeineen (esimerkiksi lääkepulloja)
- eristemateriaaleja, kuten superlonia, villalankaa, pumpulia, vettä, hiekkaa, styroksia, rypistettyä paperia
- teräsvillaa
- alumiinifoliota
- suppilo
- tehokas lamppu
- mustaa ja valkoista kangasta, myös muita värejä
- sekuntikello
- eri olomuodoissa olevia aineita, kuten puuta, rautaa, muovia, suolaa, hiekkaa, vettä, mehua, jäätä, lunta, hammastahnaa, saippuavaahtoa, rasvaa, muovailuvahaa, hunajaa ja savea
- kynttilä ja metallinpala
- suurennuslasi
- kaksi pientä, lasista limsapulloa
- väriainetta, esimerkiksi karamelli- tai vesiväriä tai mustetta

# 1. LÄMPÖAISTIMUKSIA

## Tavoite

- Opitaan, että ihminen tuntee ihoon tulevan ja siitä poistuvan lämmön, mutta ei aisti lämpötilaa.

## Välineet

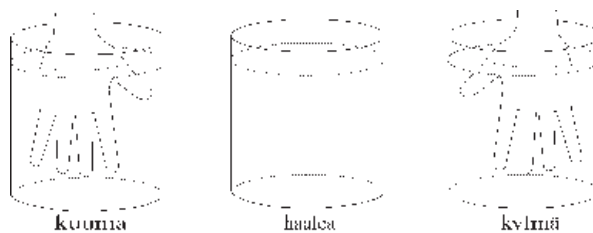
- kolme astiaa (astiaan pitää mahtua käsi)
- erilämpöisiä vesiä
- kuumavesipullo
- lunta tai jäätä
- kynsilakanpoistoainetta tai väkevää alkoholia
- polkupyörän pumppu tai tuuletin

## Tutkimusprosessi

1. Täytetään yksi astia lämpimällä, yksi kylmällä ja yksi haalealla vedellä. Toinen käsi laitetaan lämpimään ja toinen kylmään veteen. Käsiä pidetään astioissa noin minuutin ajan.

### Työturvallisuus

Älä käytä liian kuumaa tai kylmää vettä. Koe kannattaa tehdä kuitenkin siten, että lämpötilaerot ovat selviä.



Laitetaan molemmat kädet samanaikaisesti astiaan, jossa on haaleaa vettä. Käsien lämpöaistimuksia verrataan toisiinsa.



Havaitaan, että lämpimään veteen kastettu käsi tuntee haalean veden kylmänä ja kylmään veteen kastettu käsi puolestaan lämpimänä. Ihmisen lämpöaisti harhauttaa.

Pohditaan tilanteita, joissa oppilaat ovat kokeneet kyseisen ilmiön.

Kun tullaan kovasta pakkasesta sisälle ja mennään suihkuun, saattaa lämmin vesi tuntua polttavalta. Vauvaa kylvetettäessä kannattaa varmistaa veden lämpötila lämpömittarilla, sillä kädellä “mitattaessa” vesi saattaa tuntua kylmemmältä tai kuumemmalta kuin se todellisuudessa on.

2. Viedään toinen käsi esimerkiksi lämpimän lämpöpatterin, kuumavesipullon tai hehkulampun lähelle.

Kappaleen lähellä ilma tuntuu lämpimältä. Kun kättä kosketetaan toisella kädellä, käsi tuntuu lämpimämmältä kuin toinen. Aistimus johtuu siitä, että lämpöä siirtyy kuumasta lämpöpatterista ihoon. Ihon lämpötila nousee.

3. Kosketetaan metallista tuolinjalkaa, laitetaan kädelle lunta tai jäätä sekä viedään käsi kylmän ikkunan lähelle.

Kappale tai ilma sen ympärillä tuntuu kylmältä. Kun kättä kosketetaan toisella kädellä, käsi tuntuu viileämmältä kuin toinen. Nyt lämpöä siirtyy kädestä kylmempään kappaleeseen, jolloin ihon lämpötila laskee.

4. Pöydälle asetetaan useita eri materiaaleista (puu, metalli, lasi, posliini, kangas) valmistettuja kappaleita. Korostetaan, että kaikkien kappaleiden lämpötila on sama kuin huoneen lämpötila. Kokeillaan, miltä kappaleet tuntuvat.

Kappaleet tuntuvat erilämpöisiltä, vaikka niiden lämpötila on sama. Esimerkiksi metalli tuntuu kylmemmältä kuin puu tai kangas. Käsi on lämpimämpi kuin huoneen lämpötilassa olevat kappaleet. Lämpöä siirtyy kädestä kappaleisiin, mutta eri materiaalien kyky siirtää lämpöä on erilainen.

Koska kiinteän kappaleen ja ilman lämpötilaa on mahdotonta verrata tunnuksella, tehdään äskeinen koe veden ja ilman avulla. Laitetaan astiaan huoneenlämpöistä vettä. Lämpömittarin avulla todetaan, että ilman ja veden lämpötila on sama, vaikka ne tuntuvat erilämpöisiltä.

Oppilaat voivat kotona kokeilla, miltä erilaiset esineet tuntuvat ulkona pakkasessa tai pakastimessa ja vastaavasti saunassa.

5. Kynttä pyyhkäistään kynsilakanpoistoaineella tai kädelle tipautetaan pisara väkevää alkoholia.

Kynsi tai käsi kylmenee nopeasti. Tämä johtuu siitä, että aine haihtuu, jolloin se ottaa haihtumiseen tarvitsemansa lämmön iholta. Tähän perustuu myös se, että märkä uimapuku tuntuu kylmältä.

6. Pumpataan ilmaa polkupyörän pumpulla ihoon tai käytetään tuuletinta.

Iho tuntuu viileältä, koska ihoa kylmempi ilmavirta siirtää lämpöä ihosta ilmaan. Sama ilmiö havaitaan, kun auton liikkeellä ollessa työnnetään käsi ulos ikkunasta.

Kaikissa kokeissa huomataan, että lämpö on jotakin, joka voi siirtyä kappaleesta toiseen. Kappale joko luovuttaa tai vastaanottaa lämpöenergiaa. Lämpö siirtyy aina suuremmasta lämpötilasta pienempään.

## 2. ARVIOINTIA JA MITTAAMISTA

### Tavoitteet

- Opitaan arvioimaan päivittäisessä elämässä esiintyviä lämpötiloja.
- Opitaan käyttämään lämpömittaria ja käsittelemään sitä varovasti.

### Välineet

- lämpömittareita
- hanavettä
- jääkaappi, pakastin
- kuumaa juomaa
- lunta tai jäätä
- pumpulia
- kynsilakanpoistoainetta tai väkevää alkoholia

### Tutkimusprosessi

1. Ensin arvioidaan erilaisten ympäristössä esiintyvien tilojen ja aineiden lämpötiloja. Tällaisiksi sopivat esimerkiksi hanasta saatavan kylmän ja kuuman veden lämpötilat, kuuman kaakaon, jääkaapin ja pakastimen lämpötilat, jokaisen oman kehon lämpötila sekä ulko- ja sisälämpötilat. Kohteet ja lämpötila-arviot voidaan kirjoittaa taululle tai vihkoon tai käyttää valmista monistepohjaa.

Kokemuksen mukaan oppilaiden arviot poikkeavat paljon todellisuudesta. Oppilaiden mielestä hanasta voi tulla jopa +300-asteista vettä, tai jääkaapin lämpötila voi olla reilusti pakkasen puolella.

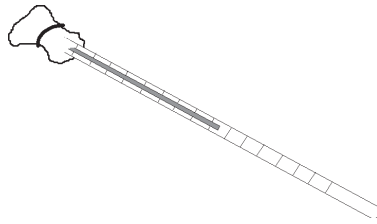
2. Mitataan valittujen kohteiden lämpötilat. Kirjataan mittaustulokset arviointien viereen ja vertaillaan mahdollisia eroja.

Kannattaa korostaa, että mittaria on pidettävä mittaustaikassa jonkin aikaa, jotta mittari ehtii "toimia". Nesteiden lämpötiloja mitattaessa niitä kannattaa sekoittaa. Mittaria ei myöskään laiteta astian pohjaan tai reunaan kiinni, vaan keskelle nestettä. (Muutoin mittari mittaa astian lämpötilan, joka ei välttämättä ole sama kuin astiassa olevan nesteen lämpötila.)

3. On hyvin todennäköistä, että eri mittajaajat saavat hieman erilaisia tuloksia. Pohditaan, mistä erot johtuvat.

Lämpömittarit voivat olla hieman epätarkkoja ja keskenään erilaisia, mittausta on suoritettu hieman eri kohdassa (esimerkiksi luokan keskellä tai aivan lämpöpatterin vieressä), tai toinen mittarin lukija on katsonut mittaria vinosti, toinen suoraan.

4. Pumpulitukko kastetaan kynsilakanpoistoaineeseen tai väkevään alkoholiin. Pumpuli kiedotaan lämpömittarin säiliön ympärille ja se kiinnitetään esimerkiksi kuminauhalla. Tarkastellaan, mitä mittarin lämpötilalle tapahtuu.



Havaitaan, että mittarin lämpötila laskee. Se johtuu siitä, että nesteen haihtuminen kuluttaa energiaa. Tämän energian neste ottaa lämpömittarista, jonka seurauksena mittarin lämpötila laskee.

Kokeen yhteydessä voidaan keskustella siitä, mihin perustuu päällä olevan märän uimapuvun aiheuttama viluntunne.

### Miksi näin?

Lämpömittarissa olevan nesteen tilavuus on aina sama tietyssä lämpötilassa. Kun lämpömittari vietään erilämpöiseen aineeseen, se ottaa vastaan tai luovuttaa lämpöä niin kauan, kunnes aineen ja mittarin lämpötilat ovat samat. Kun mittari ottaa vastaan lämpöä, neste laajenee ja nestepatsas nousee.

## 2. ARVIOINTIA JA MITTAAMISTA

1. Arvioi ympäristössäsi olevien aineiden ja paikkojen lämpötiloja. Taulukossa on joitakin esimerkkejä, keksi itse lisää.
2. Mittaa lämpötilat ja vertaa mittaustulosta arvioosi.

Tutkimuskohde	Lämpötila-arvio	Mittaustulos
oma keho		
luokkahuone		
ulkoilma		
kuuma juoma		
jääkaappi		
jääkaapissa oleva maito		
pakastin		
kylmä hanavesi		
kuuma hanavesi		
jäävesi tai lumi		

3. Vertaa tuloksia jonkun muun saamiin tuloksiin. Usein mittaustulokset eivät ole täsmälleen samoja. Mistä erot tässä kokeessa saattavat johtua?

.....

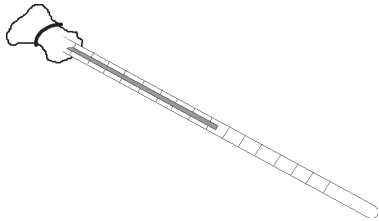
.....

.....

.....

.....

4. Kasta pumpulitukko kynsilakanpoistoaineeseen tai väkevään alkoholiin. Kiedo pumpuli lämpömittarin säiliön ympärille ja kiinnitä se esimerkiksi kuminauhalla. Tarkastele, mitä mittarin lämpötilalle tapahtuu. Kirjaa havaintosi.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 3. LÄMMÖN JOHTUMINEN

### Tavoitteet

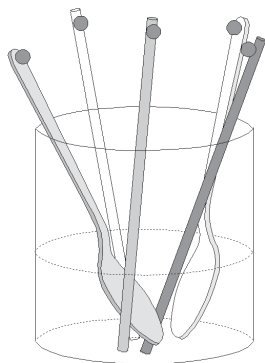
- Opitaan, että lämpö voi siirtyä johtumalla.
- Opitaan, että tietyt aineet johtavat lämpöä paremmin kuin toiset.

### Välineet

- korkea, kiehuva vettä kestävä astia
- eri aineista valmistettuja (lähes) yhtä pitkiä "sauvoja", esimerkiksi teräs-, hopea- ja muovilusikka, puu- ja lasisauva, mielellään myös kuparisauva
- voita
- kuivattuja herneitä tai pippureita
- kuumaa vettä
- samanlaisia ja samankokoisia lasipulloja korkkeineen (esimerkiksi lääkepulloja)
- maitotölkkejä
- eristysmateriaaleja, kuten superlonia, villalankaa, pumpulia, vettä, hiekkaa, styroksia, rypistettyä paperia, alumiinifoliota, teräsvillaa
- lämpömittareita
- suppilo

### Tutkimusprosessi

#### 3.1 JOHTUMISTUTKIMUS



Korkeaan astiaan asetetaan pystyyn eri aineista valmistettuja sauvoja. Sauvojen tulisi olla samanpituisia, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia. (Pienet pituuserot eivät haittaa.) Jokaisen sauvan päähän kiinnitetään herne pienen voinokareen avulla. Astian pohjalle kaadetaan muutaman senttimetrin kerros kuumaa, yli 80-asteista vettä.

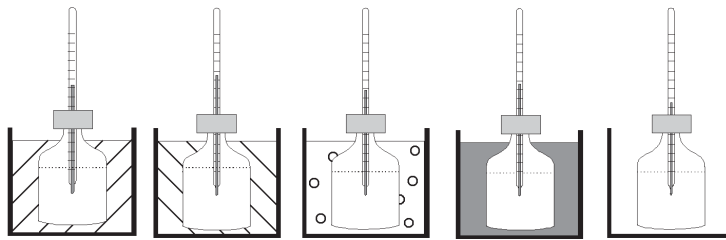
Havaitaan, että joidenkin aineiden päässä oleva voi sulaa heti ja herne putoaa. Lämpö siirtyy nopeasti kuumasta vedestä sauvaa pitkin voihin. Tällaisten aineiden lämmönjohtokyky on suuri. Useimmat metallit ovat hyviä lämmönjohteita.

Odotetaan, missä järjestyksessä herneet putoavat. Tietyillä aineilla, esimerkiksi lasilla ja puulla, on melko huono lämmönjohtokyky, jolloin herne ei välttämättä putoa lainkaan.

### 3.2 ERISTYSTUTKIMUS

Maitotölkeistä leikataan samankokoisia purkkeja, ja niihin asetetaan lasiset pullo. Pullojen ja purkkien väliin jäävä tila täytetään erilaisilla eristysmateriaaleilla. Yksi pullo jätetään eristämättä. Samaa eristettä laitetaan lisäksi kahteen purkkiin, mutta eriste kiedotaan toisen pulloon ympärille tiukemmin kuin toisen.

Pulloiin kaadetaan suppilon avulla kuumaa vettä ja korkit suljetaan tiiviisti. Vesien lämpötilat mitataan sopivin väliajoin (esimerkiksi 10 min). Jos käytössä on useita lämpömittareita, voidaan pullojen korkkeihin tehdä pienet reiät mittareita varten. Tällöin mittauksia tehtäessä lämmönhukka jää mahdollisimman pieneksi, sillä korkkia ei tarvitse välillä avata. Mittaustulokset kirjataan taululle tai vihkoon.



Havaitaan, että pulloissa olevien vesien lämpötilat laskevat toisissa purkeissa hitaammin kuin toisissa. Todetaan, että nämä aineet ovat parempia lämmöneristeitä kuin ne, joissa lämpötila laskee nopeasti.

Purkki, jonka täytteenä on vain ilmaa, toimii vertailunäytteenä. Sen lämpötilaa voidaan vertailla muihin näytteisiin.

Verrattaessa tiiviisti ja löyhästi eristettyjen vesien lämpötiloja toisiinsa havaitaan, että tiivis eriste ei ole yhtä hyvä kuin löyhä. Kun eristekerroksien välissä on ilmaa, sen lämmöneristyskyky paranee.

Jos purkin täytteenä voitaisiin käyttää jotakin hyvää johdemateriaalia, kuten kuparia tai muuta metallia, lämpötila laskisi nopeammin kuin vertailunäytteessä.

Pohditaan, millaisista materiaaleista talon ulkoseinät kannattaa rakentaa. Olisiko esimerkiksi teräsvilla hyvä eriste? (Helposti voisi kuvitella, että teräsvilla johtaisi lämpöä hyvin. Kuitenkin teräsvillassa on paljon ilmaa, joka toimii eristeenä. Teräsvillan eristyskykyä voi kokeilla em. kokeen avulla.)

## Keskustelua

- ◆ Miksi kuuman saunan lauteessa oleva naula polttaa, mutta laude ei?

Naula ja laude ovat samanlämpöisiä (esimerkiksi  $+80\text{ °C}$ ), mutta naula tuntuu polttavan kuumalta, sillä se johtaa lämpöä paljon paremmin kuin puu. Metallit ovat hyviä lämmönjohteita. Lämpö siirtyy nopeasti kuumasta naulasta (esimerkiksi  $+80\text{ °C}$ ) käteen, jonka lämpötila on noin  $+37\text{ °C}$ . Lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan.

- ◆ Miksi luokassa olevat metalliesineet tuntuvat kylmemmiltä kuin puupinnat?

Metalli- ja puuesineet ovat samanlämpöisiä, ja niiden lämpötila on sama kuin luokahuoneen lämpötila. Metalliesineet tuntuvat kuitenkin kylmemmiltä, sillä metalli johtaa lämpöä paremmin kuin puu. Tässä esimerkissä lämmön siirtymisen suunta on toinen: lämpö johtuu nyt nopeasti kädestä metalliin, sillä käden lämpötila (noin  $+37\text{ °C}$ ) on suurempi kuin luokahuoneen (esimerkiksi  $+23\text{ °C}$ ).

- ◆ Mitä voi tapahtua, kun kuumaa mehua kaadetaan lasiseen astiaan ?

Lasi saattaa särkyä, koska juomalasit eivät yleensä kestä kuumennusta. Siksi liika lämpö on johdettava lasista pois esimerkiksi metallisen lusikan avulla. Lämpö johtuu kuumasta mehusta lusikan kautta ilmaan.

- ◆ Miksi linnut pöhristelevät höyheniään talvipakkasilla?

Ilma johtaa lämpöä huonosti eli eristää hyvin. Siksi ilmakerrokset höyhenien välissä suojaavat lintuja liialta lämmönhukalta.

- ◆ Mitä hyötyä on kerrospukeutumisesta pakkassäällä?

Kerrospukeutuminen lisää ilmakerrosten määrää, jolloin vaatteiden lämmön-eristyskyky paranee. Neulotut villapaidat ovat hyviä eristeitä, koska neuleen väliin jää aina ilmakerroksia.

## 4. LÄMPÖSÄTEILYÄ

### Tavoitteet

- Opitaan, että lämpö voi siirtyä myös säteilemällä.
- Opitaan, että erilaiset pinnat imevät eri määrät lämpösäteilyä.

### Välineet

- tehokas lamppu, kuten piirtoheittimessä
- lämpömittareita
- mustaa ja valkoista kangasta, myös muita värejä
- sekuntikello
- muita materiaaleja, kuten silkkiä, villaa ja paperia

### Tutkimusprosessi

#### 4.1 LÄMPÖSÄTEILYÄ

Käsi laitetaan hetkeksi tehokkaan lampun, esimerkiksi piirtoheittimen lampun, eteen. Pohditaan, tuleeko lampusta muutakin kuin valoa.

Havaitaan, että lamppu lämmittää kättä. Valon lisäksi lampusta tulee myös näkyttömiä säteitä, lämpösäteitä. Sama ilmiö huomataan myös auringonvalossa: valon lisäksi sekin lämmittää.

Unissa ja leivänpaahtimessa olevat sähkövastukset lähettävät lämpösäteitä, jotka lämmittävät ruoan. Lasitetuille parvekkeille ja kesämökeille asennetaan usein infrapunalämmittimiä, jotka toimivat samalla periaatteella. Lämpöä voidaan kerätä talteen aurinkokeräimien avulla. Yksinkertaisin aurinkokeräin on mustaksi maalattu metallilaatikko, jossa olevaa nestettä Aurinko lämmittää.

### Miksi näin?

Kun kuuma kappale säteilee, sen lämpö muuttuu säteilyenergiaksi. Säteily imeytyy kappaleeseen, jossa energia muuttuu jälleen lämmöksi.

## 4.2 MUSTA VAI VALKOINEN T-PAITA?

Tutkitaan, miten erilaiset pinnat imevät lämpösäteilyä. Koetta voi pohjustaa kysymällä oppilailta, laittaisivatko he kesähelteellä päälleen mieluummin mustan vaiko valkoisen puseron. Mittaustulokset voidaan kirjata taululle tai vihkoon tai käyttää valmista monistepohjaa.

Toisen lämpömittarin pää peitetään mustalla ja toisen valkoisella kankaanpalalla. Kangas kiinnitetään mittariin esimerkiksi kuminauharenaan avulla. Mittarit asetetaan vierekkäin, ja niihin kohdistetaan niihin tehokas valo noin 15 cm:n etäisyydeltä. Kummankin mittarin lämpötilat luetaan esimerkiksi puolen minuutin välein ja kirjataan tulokset. Mittausta jatketaan noin 5 minuuttia.

### Työturvallisuus

Jos lamppu on hyvin tehokas ja jos se tuodaan liian lähelle mittareita, saattaa musta kangas kuumeta liikaa ja syttyä palamaan. Tämän vuoksi suositeltava etäisyys on vähintään 10 cm.

Tutkitaan mittaustuloksia ja pohditaan, kumpi pusero olisi aurinkoisella säällä miellyttävämpi.

Havaitaan, että mustan kankaan sisällä oleva lämpömittari näyttää suurempia lämpötiloja kuin valkoisen kankaan tapauksessa. Musta paita imee lämpösäteitä enemmän kuin valkoinen.

Koetta voidaan jatkaa tutkimalla muita värejä ja materiaaleja, kuten paperia ja erilaisia kangaslaatuja. Jos tutkitaan lämpösäteitä heijastavia materiaaleja, kuten alumiinifoliota, havaitaan, että lämpömittari lämpenee paljon vähemmän verrattuna esimerkiksi mustaan materiaaliin.

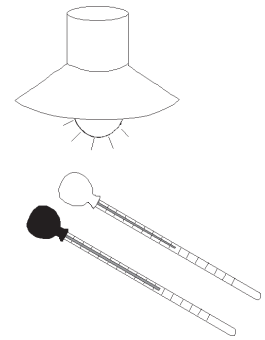
#### 4. MUSTA VAI VALKOINEN T-PAITA?

##### Välineet

- lämmönlähteenä toimiva tehokas lamppu
- kaksi lämpömittaria
- mustaa ja valkoista kangasta, myös muita värejä
- sekuntikello
- muita materiaaleja, kuten silkkiä, villaa, paperia ja alumiinifoliota

1. Peitä toisen lämpömittarin pää mustalla ja toisen valkoisella kankaanpalalla. Kiinnitä kangas mittariin esimerkiksi kumi-nauharenkaan avulla. Aseta mittarit vierekkäin ja suuntaa niihin tehokas lämmönlahde noin 15 cm:n etäisyydeltä.

Lue kummankin mittarin lämpötilat puolen minuutin välein ja kirjaa tulokset taulukkoon.



Aika (minuuttia)	Valkoisen kankaan lämpötila	Mustan kankaan lämpötila
0,5		
1,0		
1,5		
2,0		
2,5		
3,0		
3,5		
4,0		
4,5		
5,0		

Päättele mittaustulosten perusteella, kumman värinen pusero olisi aurinkoisella säällä miellyttävämpi? Perustele vastauksesi.

.....  
 .....

2. Tutki myös muunvärisiä kankaita ja erilaisia materiaaleja, kuten silkkiä, villaa tai paperia. Voit jatkaa edellisen kohdan taulukkoa tai tehdä vihkoosi uuden taulukon.

## 5. LÄMMÖN KULKEUTUMINEN

### Tavoitteet

- Opitaan, että lämpö voi siirtyä myös kulkeutumalla.
- Opitaan, että kulkeutuessaan lämpö siirtyy jonkin aineen mukana.

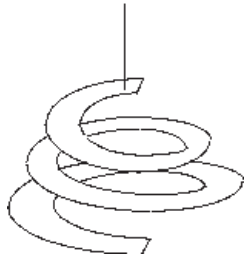
### Välineet

- kynttilä
- lämpömittari
- kaksi pientä, lasista limsapulloa
- kylmää ja kuumaa hanavettä
- pahvinpala
- väriainetta, kuten karamelliväriä, vesiväriä tai mustetta

### Tutkimusprosessi

#### 5.1 ILMA KULJETTAA LÄMPÖÄ

Askarrellaan paperista spiraali ja kiinnitetään siihen lanka. Spiraali kiinnitetään esimerkiksi lämpöpatterin yläpuolelle.

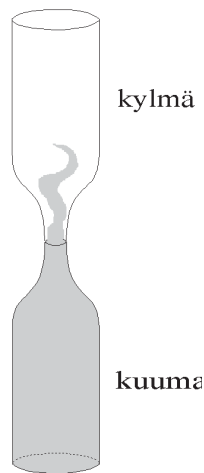


Spiraali alkaa pyöriä. Lämmin ilma nousee kylmää ilmaa kevyempänä ylöspäin ja liikuttaa sitä. Tähän perustuu myös joulukoristeena käytettävän enkelikellon toiminta ja verhojen heilunta lämpöpatterin yläpuolella.

## 5.2 VESI KULJETTAA LÄMPÖÄ

Kokeessa tarvitaan kaksi pientä limsapulloa. Parhaiten soveltuvat lasiset pullot, koska niiden suuaukon reunat on riittävän paksuja pullojen päällekkäinasettelua varten. Toinen pullo täytetään reunoja myöten kuumalla vedellä ja vesi värjätään esimerkiksi elintarvike- tai vesivärillä. Toinen pullo täytetään reunoja myöten kylmällä vedellä, ja sen suuaukon päälle asetetaan pala pahvia.

Kylmävesipullo käännetään ylösalaisin ja estetään pahvin avulla vettä valumasta ulos. Kylmävesipullo asetetaan kuumaa vettä sisältävän pullon päälle. Pahvinpala vedetään varovasti pullojen välistä.



Havaitaan, että kuuma, värjätty vesi alkaa nousta ylöspäin kylmään veteen. Kuuma vesi on kylmää vettä kevyempää ja nousee siksi ylöspäin. Painava, kylmä vesi painuu pohjalle.

Lämmön kulkeutumisessa lämpö virtaa jonkin aineen, yleensä nesteen tai kaasun, mukana. Luonnossa lämpö kulkeutuu muun muassa tuulten ja merivirtojen mukana. Hyvänä esimerkkinä on Golfvirta, joka on Pohjois- ja Länsi-Euroopan tärkeä lämmönlähde. Myös monien sähkölaitteiden jäähdytys perustuu lämmön kulkeutumiseen ilman tai jonkin nesteen mukana. Siksi esimerkiksi televisioiden ja monitorien ulkokuorissa olevia tuuletusreikiä ei saa peittää. Jääkaapin putkistoissa on nestettä, jonka avulla lämpöä siirtyy pois jääkaapin sisältä.

## 6. LÄMPÖ LAAJENTAA – KYLMÄ KUTISTAA

### Tavoitteet

- Opitaan, että aineet yleensä laajenevat lämmitettäessä.
- Opitaan, että lämpömittarin toiminta perustuu lämpölaajenemiseen.

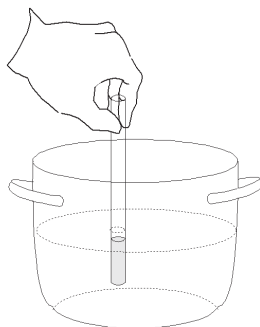
### Välineet

- ohut putki, esimerkiksi kardemummaputkilo (tai ohut koeputki)
- kattila
- ruokaöljyä
- vettä
- kuumentamiseen esimerkiksi hellan levy, vaihtoehtoisesti voi tuoda kuumaa vettä vaikkapa termospullossa
- spriiliukoinen tussi tai kuminauharengas
- pakastin tai jäähaude
- tyhjä mehu- tai maitotölkki
- tyhjä 1,5 litran limsapullo
- ilmapallo

### Tutkimusprosessi

#### 6.1 NESTEET

- a) Ohueen putkeen laitetaan noin 4 cm ruokaöljyä ja ruokaöljyn yläreunan kohta merkitään spriiliukoisella tussilla tai kuminauhalla. Ruokaöljy kannattaa laittaa jääkaappiin muutamaksi tunniksi ennen kokeen suorittamista, sillä ilmiö näkyy parhaiten, jos ruokaöljy on aluksi kylmää.



Kattilaan kaadetaan noin 6 cm:n kerros kylmää vettä, ja tutkimusputki upotetaan veteen. Putkea lämmitetään vesihautteessa esimerkiksi keittolevyllä. Huom! Putki ei saa osua kattilan pohjaan, jottei se sula. Normaali muovinen kardemummaputki kestää hetken kiehuvaa vettä. Putkilon tilalla voi käyttää valmiita lämpömittarin aihioita, joita saa demonstraatiovälineitä myyvistä liikkeistä. Lasinen aihio koostuu palonmuotoisesta säiliöstä ja ohuesta putkesta.

Jos kuumennusmahdollisuutta ei ole, voi opettaja tuoda valmiiksi kuumennettua vettä esimerkiksi termospullossa. Vettä voi kuumentaa myös vedenkeitinissä.

Putkea pidetään vedessä muutaman minuutin ajan. Joku oppilaista voi mitata vesihautteen lämpötilan sopivin väliajoin. Tarkkaillaan, mitä ruokaöljylle tapahtuu. Putki otetaan pois viimeistään silloin, kun vesi alkaa kiehua.

Havaitaan, että ruokaöljyn pinta on noussut. Ruokaöljy on laajentunut lämme-  
tessään eli sen tilavuus on kasvanut.

Putkilo laitetaan hetkeksi pakastimeen tai lumi- tai jäähauteeseen.

Havaitaan, että ruokaöljyn pinta laskee. Kylmässä aine “kutistuu”.

- b) Leikataan maitotölkistä purkki ja täytetään se vedellä. Purkki laitetaan pakastimeen  
jäätymään. Tutkitaan (seuraavana päivänä), mitä vedelle on tapahtunut.

Havaitaan, että purkki on pullistunut ja jää on noussut sen yläreunan yli. Vesi on  
poikkeuksellinen neste, sillä se laajenee jäätyessään ja jo jäätyessään +4 (C:sta  
alaspäin. Vesi kuitenkin laajenee myös lämmitessään, kuten muut aineet. (Laaje-  
neminen on niin vähäistä, että sitä on vaikea havainnoida.)

- ◆ Pohditaan, missä tilanteissa ilmiö on hyvä ottaa huomioon.

Ruoassa on paljon vettä, joten ruokaa pakastettaessa rasioita ei saa täyttää reunoja  
myöten. Jos rasiassa ei ole laajenemisvaraa, työntää ruoka jäätyessään rasian kan-  
nen ylös. Ilmiö on otettava huomioon myös jäälyhtyjä tehtäessä.

- ◆ Pohditaan, mihin lämpömittarin toiminta perustuu.

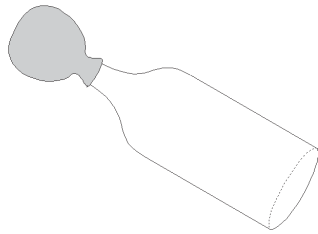
Tehdasvalmisteisissa lämpömittareissa on jotakin nestettä, yleensä elohopeaa tai  
värjättyä alkoholia. Lämpömittarin alaosassa on nestesäiliö, josta lähtee ohut putki.  
Neste reagoi lämpötilaan laajentumalla tai kutistumalla, ja lämpötila voidaan lu-  
kea nesteputken viereen tehdystä asteikosta.

### Lämpötila-asteikoista

Eri puolilla maailmaa lämpötilat ilmoitetaan eri tavalla. Esimerkiksi Suomessa ja muualla  
Euroopassa käytetään celsiusasteista, Amerikassa fahrenheitasteita ja tieteellisissä tutkimuk-  
sissa kelvineitä. Asteet ovat saaneet nimensä lämpökokeita tehneiden tutkijoiden mukaan.  
Gabriel Fahrenheit (1686–1736) oli saksalainen fyysikko, joka alkoi ensimmäisenä käyttää  
elohopeaa lämpömittareissa. Anders Celsius (1701–1744) oli ruotsalainen tähtitieteilijä, joka  
perusti asteikkonsa veden käyttäytymiseen. Englantilainen fyysikko ja keksijä Sir William  
Thomson Kelvin (1824–1907) oli niin etevä tiedemies, että Englannin kuningatar aateloi hä-  
net lordiksi.

## 6.2 KAASUT – ILMAKIN LAAJENEV

Tyhjä 1,5 litran pullo laitetaan muutamaksi minuutiksi pakastimeen tai jäähauteeseen. Kun pullo on jäähtynyt, pingotetaan sen suulle nopeasti ilmapallo. Hanasta valutetaan kuumaa vettä pullon päälle.



Havaitaan, että ilmapallo alkaa täyttyä. Pullon sisällä oleva kylmä ilma laajenee lämmitettäessä.

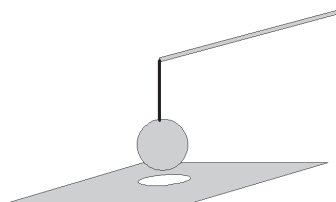
Laitetaan pullo ilmapalloineen hetkeksi takaisin pakastimeen tai jäähauteeseen.

Havaitaan, että ilmapallo on tyhjentynyt. Pakastimessa ilman tilavuus on pienentynyt. Kylmä kutistaa myös kaasuja.

## 6.3 KIIINTEÄT AINEET

Pohditaan, koskeeko lämpölaajeneminen myös kiinteitä aineita. Asiasta voi keskustella esimerkiksi seuraavien kysymysten avulla.

- ◆ Mitä kannattaa tehdä, jos punajuuripurkin kansi on tiukassa? (Pidetään kantta kuuman veden alla. Metallinen kansi laajenee, ja purkki aukeaa. Lasipurkki ei laajene yhtä paljon.)
- ◆ Miksi rautatiekiskojen väleissä ja siltojen päissä on rakoja? (Jos kiskot tai sillan osat olisivat aivan toisissaan kiinni, ne menisivät kesähelteillä mutkalle.)



Kiinteän aineen lämpölaajenemista voidaan tutkia myös tehdasvalmisteisen metallisen pallon ja siihen kuuluvan reikälevyn avulla. Ensin todetaan, että pallo menee sujuvasti reiän läpi. Palloa lämmitetään kynttilän liekissä muutaman minuutin ajan.

Lämmityksen jälkeen havaitaan, että pallo ei mene reiän läpi. Kiinteät aineet laajenevat lämmitessään. Kun pallo jäähtyy, se kutistuu ja mahtuu jälleen reiästä läpi. Pohditaan ja kokeillaan, mitä levyssä olevalle reiälle tapahtuu, kun levyä lämmitetään.

## 7. AINEEN OLOMUODOT

### Tavoitteet

- Opitaan tunnistamaan aineen kolme olomuotoa: kiinteää, neste ja kaasu.
- Opitaan, että joissakin aineissa eri olomuodot voivat olla sekoittuneina.
- Opitaan, että joistakin kappaleista on mahdotonta sanoa, missä olomuodossa ne ovat.

### Välineet

- eri olomuodoissa olevia aineita, kuten puuta, rautaa, muovia, suolaa, hiekkaa, vettä, mehua, jäätä, lunta, hammastahnaa, saippuavaahtoa, rasvaa, muovailuvahaa, hunajaa ja savea
- kynttilä ja metallinpala
- suurennuslasi

### Tutkimusprosessi

1. Tutkitaan erilaisia ainenäytteitä ja pohditaan, missä olomuodossa ne ovat. Tutkimisessa voi käyttää apuna myös suurennuslasia. Ainenäytteet jaotellaan eri olomuotojen mukaan. Katso myös valmis monistepohja.

Havaitaan, että tietyt aineet – kuten rauta, vesi ja ilma – on helppo jaotella eri ryhmiin. Sen sijaan jotkut aineista, esimerkiksi vaahto, lumi tai hammastahna, eivät kuulu selkeästi vain yhteen ryhmään. Vaahto on nestettä, jonka seassa on ilmakuplia. Lumessa on kiinteää jäätä sekä ilmaa, usein myös nestemuodossa olevaa vettä. Hammastahnassa on kiinteitä hiukkasia ja nestettä, ja seassa voi olla myös pieniä kaasukuplia.

2. Poltetaan kynttilää ja viedään kirkas metalliesine, esimerkiksi lusikka, hetkeksi liekkiin.

Metalliin tarttuu nokea. Liekki valaisee, koska sen sisältämät hiilihiukkaset hehkuvat. Hiiltä syntyy välituotteena steariinin palaessa. Palamisessa vapautuva lämpö saa hiukkaset hehkumaan, kunnes ne palavat loppuun. Hiilihiukkaset tarttuvat ja jäähtyvät liekkiin tuodun esineen pintaan, joka estää niiden palamisen.

3. Mietitään, mitä yhteisiä ominaisuuksia on kullakin olomuodolla, eli mikä tekee kiinteästä aineesta kiinteän, nesteestä nesteen ja kaasusta kaasun.

Kiinteistä aineista muodostuvilla kappaleilla on oma, selkeä muotonsa. Kiinteän kappaleen muoto ei muutu helposti.

Neste mukautuu astian muotoon ja täyttää astian muodostaen vaakasuoran pinnan. Kaikenmuotoisissa astioissa nesteen pinta on aina vaakasuorassa. Jos neste ei ole missään astiassa, se leviää tasaisesti alustalle. Nesteillä, kuten kiinteilläkin aineilla, on aina rajapinta. Neste voi myös muodostaa pisaroita.

Jos kaasua suljetaan astiaan, esimerkiksi ilmaa laitetaan purkkiin, se täyttää koko astian laitoja myöten pohjasta kanteen. Kaasu pyrkii leviämään kaikkialle, joten sen muoto riippuu aina siitä tilasta, johon se suljetaan. Kaasuilla ei ole rajapintaa.



# ÄÄNI

## OPETTAJAN ALKUPALAT

Linnun laulu, auton moottorin hurina, askeleiden ääni, postiluukun kolahdus ja kallion räjäytys ovat eri tavoin syntyviä ääniä, jotka etenevät ilmassa ja joita korvamme vastaanottavat. Kaikilla äänillä on jokin lähde. Kun äänen lähde värähtelee, se aiheuttaa ilmaan tai muuhun väliaineeseen nopean paineenvaihtelun, joka leviää ilmassa aaltoliikkeenä. Paineaallot saavat vastaanottimen, esimerkiksi korvan tärykalvon, värähtelemään. Ääntä onkin tapana sanoa ilmassa eteneväksi aaltoliikkeeksi. Aaltoliikekäsitteellä ei ole merkitystä äänen perusilmiöiden tutkimisessa, vaan ääntä tutkitaan tässä yhteydessä sellaisena ilmiönä, kuin lapsi sen ympäristössään havaitsee.

Äänen korkeudella tarkoitetaan värähtelyn nopeutta, josta käytetään fysiikassa nimitystä taajuus. Taajuuden yksikkö on hertsi (Hz) eli yksi värähdys sekunnissa. Hertsi saattaa olla oppilaille tuttu yksikkö radion yhteydestä. Radioasemat lähettävät ohjelmiaan siten, että niiden sähköiset värähtelypiirit värähtelevät eri taajuuksilla. Taajuudet ovat megahertsien eli miljoonien hertsien suuruisia, esim. 96,2 Mhz eli 96,2 miljoonaa värähdystä sekunnissa. Tämä värähtely ei kuitenkaan ole ääntä. Ihminen voi kuulla ääntä, jonka taajuus on noin 20–20 000 Hz. Jotkut eläimet voivat kuulla ääniä tämän taajuusalueen ulkopuolelta (infra- ja ultraäänit). Piano on hyvä väline äänen tutkimiseen, sillä sen matalimmat äänet ovat noin 35 Hz ja korkeimmat 3 500 Hz. Oppilaiden kanssa voidaan taajuuden sijasta puhua äänen korkeudesta.

Joskus oppilaat sekoittavat äänen voimakkuuden ja korkeuden toisiinsa. Onkin syytä korostaa, että korkeus ja voimakkuus ovat äänen kaksi eri ominaisuutta. Äänen voimakkuutta voidaan mitata desibelimitarilla. Tavallisen puheen voimakkuus on noin 50 dB, henkilöauton noin 70 dB ja suihkukoneen noin 115 dB. Korvan kipukynnys on noin 130 dB, mutta jo 80 desibelin jatkuva melu voi aiheuttaa kuulovaurioita. Kymmenen desibelin lisäys kasvattaa äänen energian kymmenkertaiseksi, 20 desibelin lisäys satakertaiseksi. 0 dB ei tarkoita äänettömyyttä, vaan kuuloalueen alarajaa.

Usein äänen etenemistä lähestytään aineen atomi- ja molekyyli-rakenteen kannalta. Yleisesti kuvitellaan, että ääniaalto saa ilman molekyylit värähtelemään, törmäämään toisiinsa ja kuljettamaan siten ääntä kuulijan korviin. Tämä on kuitenkin selvä väärinkäsitys. Molekyylit värähtelevät vain kiinteässä aineessa, jossa ne ovat omilla paikoillaan. Ilmamolekyylit sinkoilevat kaikkiin suuntiin suurilla nopeuksilla. Äänen vaikutusta niiden liikkeeseen on hyvin vaikea edes kuvitella. Äänen eteneminen ilmassa ei liity molekyylien värähtelyyn, vaan äänilähteen aikaansaamaan paineenvaihteluun. Ääni tarvitsee kuitenkin aina aineen, jossa se voi edetä, sillä painetta ei voi olla ilman ainetta. Siten siellä, missä ei ole ainetta, esimerkiksi avaruudessa, ei voi olla ääntäkään.

Äänen tutkimiseen liittyvät olennaisesti aiheeseen johdattelevat tai kokeiden jälkeen tapahtuvat keskustelut. Oppilailla on jo entuudestaan paljon havaintoja äänestä. Yhteisissä pohdinnoissa voidaan sitoa nämä havainnot tehtäviin kokeisiin. Keskustelujen pohjaksi on joidenkin kokeiden yhteydessä esitetty apukysymyksiä vastauksineen. Kun äänen syntyä ja ominaisuuksia on käsitelty kokeiden avulla, oppilaat voivat tutkia erilaisia soittimia aivan uudesta näkökulmasta.

## TÄSSÄ JAKSOSSA TARVITTAVIA VÄLINEITÄ

- metalliviivoitin
- kumilenkkejä
- kaksi äänirautaa ja lisäpaino
- siimaa tai metallilankaa
- puu- tai metallilaatikko
- stereot
- paperia
- metallitölkkejä, esimerkiksi vanhoja säilykepurkkeja
- vahvaa lankaa, esimerkiksi kalastajalankaa tai paperinarua
- nappeja
- haarukoita ja veitsiä
- kaksi ohutseinäistä lasia, esimerkiksi viinilasia
- sukkuaukko tai ohutta metallilankaa
- laudanpätkä
- pieniä puupaloja
- nauvoja
- siimaa tai metallilankaa
- tyhjiä pulloja
- vettä
- herätyskello tai summeri
- paristo
- ainakin 30 cm pitkä ja sileäpintainen muovi- tai metalliputki
- pieni metallilevy
- metallitarjotin
- astemitta
- erilaisia soittimia
- kattilankansia

# 1. ÄÄNEN SYNTYMINEN JA VASTAANOTTAMINEN

## Tavoitteet

- Opitaan, että värähtelevät kappaleet synnyttävät ääntä.
- Opitaan, että ääni on lähteestä vastaanottimeen siirtyvää värähtelyä.
- Opitaan, että ääni on sitä korkeampi, mitä nopeammin kappale värähtelee.

## Välineet

- metalliviivoitin
- kuminauhaa
- äänirauta
- stereot
- paperia

## Keskustelua

- ◆ Kun kaikki ovat hiljaa luokassa, voidaan kuulla ympäristön erilaisia ääniä: vesiputket kohisevat, huoneessa on karpänen, joka surisuttaa siipiään, ulkona räjäytetään kalliota tai ohi kulkee auto. Erilaiset liikkeet synnyttävät erilaisia ääniä.
- ◆ Kuunnellaan erilaisia ääniä ja tunnistetaan niiden lähteitä.
- ◆ Tarkastellaan eri soittimien, ihmisen, eläinten, koneiden ja luonnon ääniä.
- ◆ Avataan pianon kansi ja tutkitaan, mitä tapahtuu, kun kosketinta painetaan. Ääni syntyy kielen värähdellessä. Sama havaitaan kitarassa, viulussa ja muissa kieli- ja jousisoittimissa.

## Tutkimusprosessi

- 1. a)** Viivoitin (mielellään metallinen) kiinnitetään lujasti pöydän reunaan ja se laitetaan värähtelemään. Kokeessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että viivoitin on lujasti pöytää vasten eikä ulotu liian kauaksi pöydän reunasta. Tällöin tärinästä aiheutuneet äänet eivät välttämättä synny viivoittimen värinästä, vaan esimerkiksi pöydän ja viivoittimen välisistä kolahduksista.

Havaitaan, että värähtelevä viivoitin aiheuttaa äänen. Syntyvän äänen korkeus riippuu siitä, kuinka pitkä osa viivoittimesta jää pöydän reunan ulkopuolelle. Mitä nopeammin viivoitin värähtelee, sitä korkeampi ääni syntyy. Kokeita voidaan tehdä myös pingotetulla kuminauhalla.

1. b) Napautetaan äänirautaa ja tuodaan lankaan kiinnitetty pingispallo sen lähelle.



Havaitaan, että pingispallo kimpoilee ääniraudan reunasta. Koe osoittaa, että äänen syntyessä kappale värähtelee.

1. c) Pidetään kättä kurkun päällä ja puhutaan tai lauletaan erikorkuisilla äänillä.

Kurkussa tuntuu värähtelyä etenkin silloin, kun puhutaan normaalilla tai matalalla äänellä. Hyvin korkeilla äänillä värähtelyä ei voi tuntea, koska värähtely on niin nopeaa. Ihmisen ääni syntyy, kun keuhkoista tuleva ilma saa kurkussa sijaitsevat äänihuulet värähtelemään. Naisen ääni on yleensä korkeampi kuin miehen, sillä naisen äänihuulet ovat lyhyemmät ja tiukemmin jännittyneet. Jokaisella ihmisellä on lisäksi oma, yksilöllinen äänen sointiväri. Sointiväriin vaikuttavat muun muassa pään onteloiden ja rintakehän muodot, jotka toimivat äänen kaikupohjina. Myös soittimien muoto ratkaisee paljolti sen, millainen sointiväri niillä on.

2. Laitetaan musiikki soimaan stereoihin ja säädetään basso kovalle muisten, että liian kovat bassoäänet ovat vaarallisia korvalle. Asetutaan kaiuttimen eteen paperi kädessä siten, että paperi on lähellä kaiutinta. Kokeillaan, kuinka pitkällä kaiuttimesta värähtely tuntuu.

Havaitaan, että voimakkaat bassoäänet saavat paperin värähtelemään. Jopa lattia tai muut ympärillä olevat esineet voivat värähdellä. Tämä liike voidaan selvästi nähdä bassokaiuttimen kalvossa. Paperi, korva ja muut esineet toimivat äänen vastaanottimina.

3. a) Kaksi samanlaista äänirautaa asetetaan jonkin matkan päähän toisistaan. Toinen äänirauta napautetaan soimaan, ja hetken kuluttua rauta vaiennetaan tarttumalla siihen kiinni.

Havaitaan, että toinen äänirauta soi. Se on vastaanottanut, “kuullut”, ensin soivan ääniraudan värähtelyt. Jotta koe onnistuu, on äänirautojen oltava samanlaisia. Äänirauta voi kuulla vain sellaisen äänen, jolla on ääniraudan oma taajuus.

3. b) Painetaan pianon pedaali pohjaan ja huudetaan pianolle. Pianon kannen voi avata.

Piano “vastaa” huutajalle. Se pystyy “kuulemaan” kaikkia niitä taajuuksia, joita sillä voi soittaa. Piano resonoi huutajan äänen kanssa.

## 2. ÄÄNEN OMINAISUUKSIA

### Tavoitteet

- Opitaan tuntemaan äänen korkeus ja voimakkuus kahtena eri ominaisuutena ja vertaamaan äänen korkeuksia ja voimakkuuksia.
- Opitaan, mitä äänen huojunta tarkoittaa.
- Opitaan tuntemaan lähteen liikkeen vaikutus äänen korkeuteen.

### Välineet

- laudanpätkä
- pieniä puupaloja
- nauvoja
- siimaa tai metallilankaa
- puu- tai metallilaatikko
- kumilenkkejä
- tyhjiä pulloja
- vettä
- kaksi äänirautaa ja lisäpaino
- summeri
- paristo

### Keskustelua

- ◆ Mikä on kovin ja hiljaisin ääni, jonka olet kuullut?
- ◆ Vertaile naisen ja miehen ääntä.
- ◆ Vertaile eri soittimien ääniä.
- ◆ Mikä on korkein ja matalin ääni, jonka olet kuullut?
- ◆ Millaisia ääneen liittyviä rajoituksia on rock-konserteissa?

Musiikki, kärpäsen surina, junan vihellys, ruohonleikkurin moottorin putkutus ja tuulen humina ovat kaikki ääniä, joita suurin osa ihmisistä voi kuulla. Myös eläimillä on niille ominaiset äänensä, ja jokainen ääni merkitsee niille jotakin. On kuitenkin ääniä, jotka ovat niin korkeita tai niin matalia, ettei ihmiskorva pysty niitä aistimaan. Esimerkiksi lepakko saalistaa lähettämällä korkeita ääniä, jotka heijastuvat saaliista lepakon korviin. Ääni kertoo lepakolle ruoan olemassaolon lisäksi saaliin sijainnin. Rekka-autojen moottorit puolestaan synnyttävät kuuluvan äänen lisäksi niin matalia ääniä, ettei ihminen pysty niitä kuulemaan.

Huom!

On tärkeää erottaa äänen korkeus ja voimakkuus toisistaan. Korkea ääni ei tarkoita sitä, että ääni olisi myös voimakas.

## Tutkimusprosessi

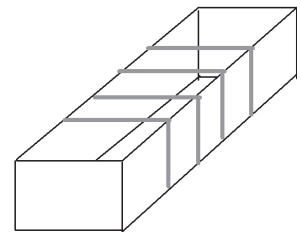
### 2.1 ERIKORKUISIA ÄÄNIÄ

- a) Kokeillaan, miten matalia ja miten korkeita ääniä oppilaat voivat itse tuottaa. Tuotetaan myös voimakkaita ja hiljaisia ääniä vaihdellen äänen korkeutta. Kokeillaan myös, minkä korkuisia ääniä eri soittimilla saadaan aikaan.
- b) Rakennetaan yksinkertainen kielisoitin kuvan mukaisesti. Siima pingotetaan nauhan ja kahden riman avulla laudan päälle. Tutkitaan, miten ääni muuttuu, kun siimaa kiristetään vetämällä sitä toisesta päästä. Langan päähän voidaan myös kiinnittää muki, johon lisätään painoja. Myös rimojen paikkaa vaihdellaan, jolloin rimojen välinen kielen pituus muuttuu.



Mitä kireämmällä siima on, sitä korkeampi ääni syntyy. Kielisoittimissa äänen korkeutta voidaan säädellä muuntelemalla kielen kireyttä. Kun rimojen välimatkaa kasvatetaan, kasvaa kielen pituus ja ääni madaltuu. Myös kielen paksuus ja materiaali vaikuttavat äänen korkeuteen.

Vaihtoehtoisesti voidaan rakentaa kuminauhasoitin pingottamalla kumilenkkejä puu- tai metallilaatikon ympärille eri kireyksille.



- c) Tyhjiin pulloihin laitetaan eri määrät vettä, ja niiden suulle puhalletaan vinottain. Jos pulloja on useita, voidaan muodostaa sävelasteikko ja soittaa yksinkertaisia kappaleita.

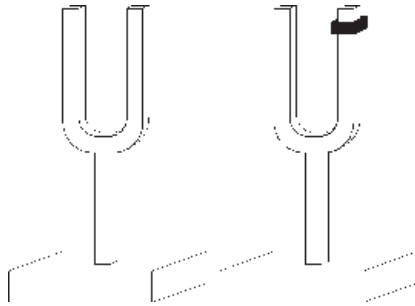


Äänen korkeus riippuu siitä, kuinka korkea on pullossa oleva ilmapatsas. Mitä enemmän pullossa on vettä, sitä matalampi on ilmapatsas ja sitä korkeampi on ääni.

Tutkitaan myös pullojen muodon ja koon vaikutusta äänen korkeuteen. Äskeinen koe tehdään esimerkiksi kahdella erimuotoisella pullolla siten, että pulloihin jäävä ilmapatsas on yhtä korkea. Havaitaan, että äänet ovat samankorkuiset.

## 2.2 ÄÄNEN HUOJUNTA

Kokeessa tarvitaan kaksi samanlaista äänirautaa, joista toiseen kiinnitetään lisäpaino. Jos tehdasvalmisteinen paino puuttuu, se voidaan korvata sinitarrapalalla. Ensin äänirauta napautetaan värähtelemään, minkä jälkeen saatetaan toinen, lisäpainolla varustettu äänirauta värähtelemään samalla voimakkuudella.



Havaitaan, että äänirautojen yhdessä synnyttämän äänen voimakkuus vaihtelee nopeasti. Ilmiötä kutsutaan äänen huojunnaksi.

Syntyvää ääntä verrataan tilanteeseen, jossa lisäpaino on poistettu.

Jos ääniraudan painon sijaintia vaihdellaan, havaitaan, että huojunnan nopeus muuttuu. Jos paino on aivan alhaalla, se ei juurikaan vaikuta äänen korkeuteen. Tällöin huojunta on hitaampaa.

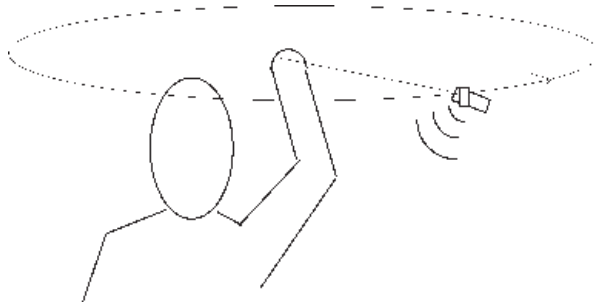
Huojuntaa käytetään hyväksi viritettäessä esimerkiksi pianoa. Ääni ei huoju, kun soittimesta saatava äänen korkeus on täsmälleen sama virityksen apuna käytettävän soittimen tai virityslaitteen kanssa.

### Miksi näin?

Huojuntaa tapahtuu, kun äänien korkeudet eli taajuudet ovat lähellä toisiaan. Pieni lisäpaino muuttaa hieman ääniraudan äänen korkeutta. Äänirautojen synnyttämät äänet yhdistyvät siten, että ne vuoroin vahvistavat ja vuoroin sammuttavat toisensa. Huojunta on sitä hitaampaa, mitä lähempänä äänien korkeudet ovat toisiaan.

## 2.3 DOPPLERIN ILMIÖ

Summeri ja paristo kytketään toisiinsa ja ne sidotaan noin metrin mittaiseen naruun. Summeria ja paristoa pyöritetään pään yläpuolella.

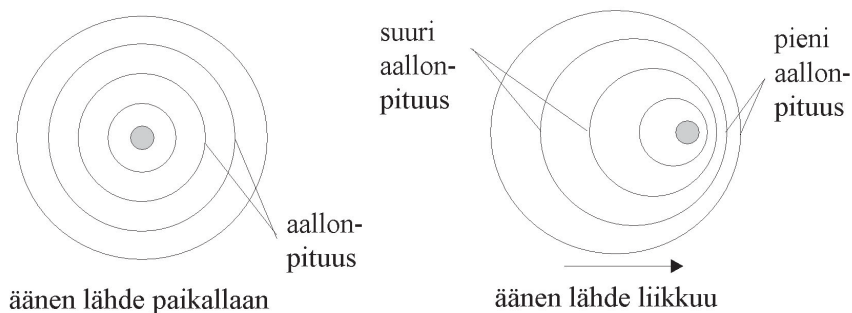


Havaitaan, että äänen korkeus vaihtelee pyörimisen tahdissa. Tarkasti kuunneltaessa havaitaan, että ääni on korkeampi summerin tullessa havaitsijaa kohti ja matalampi sen mennessä kuulijasta pois päin. Ilmiö johtuu siitä, että äänen lähde on liikkeessä havaitsijaan nähden.

Ilmiön voi kuulla moottoripyörän tai auton mennessä ohitse. Formulakisoissa tai lentokoneen lentäessä ylitse ilmiön voi havaita erityisen selvästi.

### Miksi näin?

Kokeessa ilmenee hyvin äänen luonne ilmassa etenevänä paineaaltona. Ääni etenee samalla nopeudella kaikkiin suuntiin. Kun äänen lähde liikkuu, sen edessä aallot pakkautuvat ja takana ne ovat harvemmassa. Edessä on silloin pieni aallonpituus eli korkea ääni ja takana suurempi aallonpituus ja siten matalampi ääni.



### 3. ÄÄNEN ETENEMINEN

#### Tavoitteet

- Opitaan, että ääni etenee erilaisissa väliaineissa.
- Opitaan, että äänen kuuluvuuteen vaikuttaa aine, jota pitkin ääni kulkee.
- Opitaan, että kaiku syntyy, kun ääni heijastuu.
- Opitaan, että äänellä on tietty nopeus

#### Välineet

- metallitölkkejä, esimerkiksi vanhoja säilykepurkkeja
- vahvaa lankaa, esimerkiksi kalastajalankaa tai paperinarua
- nappeja
- haarukoita ja veitsiä
- kaksi ohutseinäistä lasia, esimerkiksi viinilasia
- sukkapuikko tai ohutta metallilankaa
- metallitarjotin tai peili
- pieni metallilevy
- paperia
- herätyskello tai summeri
- astemitta
- vähintään 30 cm pitkä, sileäpintainen muovi- tai metalliputki
- kattilankansia

#### Keskustelua

- ◆ Oletko koskaan yrittänyt keskustella ystäväsi kanssa veden alla?
- ◆ Miten valaat “keskustelevat”?
- ◆ Kuuleeko kuu-ukko kaverinsa äänen?
- ◆ Missä olet havainnut kaiun?

Vuosisatojen ajan merta on luultu hiljaisuuden valtakunnaksi. Uudella tekniikalla on kuitenkin päästy perille merieläinten ääntelyistä. Kuuloaisti kehittyi meressä ja monille eläimille kehittyi kyky aistia veden värähtelyjä. Nämä eläimet, kuten valaat, saavat veden värähtelemään liikkeillään. Kuuleminen vedessä perustuu veden värähtelyjen tuntemiseen. Joillekin eläimille kehittyi kyky lähettää hyvin korkeita ääniä. Evoluution aikana, kun selkärangaiset siirtyivät vedestä kuivalle maalle, niille kehittyi ilman täyttämä välikorva. Näin äänen kuuleminen ilmassa tuli mahdolliseksi, mutta samalla heikentyi mahdollisuus kuulla vedessä.

Ääni tarvitsee edetäkseen aina jonkin väliaineen. Siksi ääni ei etene avaruudessa, jossa vallitsee lähes tyhjiö.

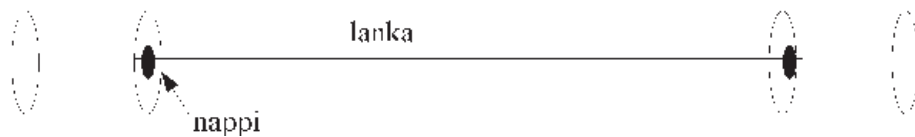
## Tutkimusprosessi

1. Pulpetin pintaa raaputetaan kynnellä, ja korva asetetaan pulpettia vasten. Verrataan äänen kuuluvuutta, kun ääni kulkee ilman välityksellä ja kun se kulkee pulpetissa.

Havaitaan, että ääni kulkee paremmin pulpetissa kuin ilmassa.

2. Rakennetaan yksinkertainen puhelin kahdesta peltipurkista ja vahvasta narusta. Narun pituus voi olla jopa 10 m. Naru pujotetaan molempien purkkien sekä nappien läpi, ja langan päät solmitaan.

säilykepurkki



Asetutaan parin kanssa vastakkain niin, että lanka on kireällä. Jos lankaa kosketaan tai se osuu muihin esineisiin, ääni ei etene työparin puhelimeen. Puhelinta voidaan testata muuntelemalla äänen voimakkuutta kuiskauksesta kovempaan puheeseen. Verrataan äänen kuuluvuutta ilman puhelinta.

Havaitaan, että puhelin kantaa äänet paremmin perille kuin ilma. Värähtelyn voi tuntea purkin pinnalla.

Huom!

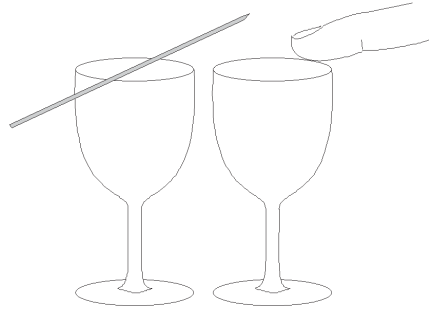
Oikea puhelin ei toimi purkipuhelimen tavoin. Siinä mikrofoni muuttaa äänen sähköiseksi värähtelyksi. Toisessa päässä kaiutin muuttaa sähköisen värähtelyn jälleen äänivärähtelyksi.

3. Metrin mittaisen narun keskelle sidotaan muutamia metallisia ruokailuvälineitä. Ruokailuvälineiden annetaan kilahdella toisiaan vasten. Narujen päät asetetaan korviin ja verrataan, kummassa tapauksessa välineiden kilahtelu kuuluu selvemmin.



Havaitaan, että ääni on paljon voimakkaampi viimeisessä tapauksessa. Ääni etenee lankaa pitkin korviin selvästi paremmin kuin ilman välityksellä. Tällöin lähes kaikki äänen energia kulkee lankaa pitkin. Normaalisti keskusteltaessa äänen energia hajaantuu joka suuntaan, ja näin ääni kuuluu heikommin.

4. Kaksi samanlaista ohutseinäistä ja korkeajalkaista lasia asetetaan pöydällä lähelle toisiaan. Toisen lasin päälle laitetaan sukkuaukko. Pidetään kiinni toisesta lasista ja pyöritetään veteen kastettua sormea sen reunaa pitkin, kunnes saadaan aikaan korkea ääni. Tarkkaillaan samalla sukkuaukkoa.



Sukkuaukko alkaa värähdellä ja liikkua lasin päällä. Ääni siirtyy ilman välityksellä.

Lasien on oltava täsmälleen samanlaisia. Pienikin muotoero estää kokeen onnistumisen.

5. a) Huudetaan tyhjässä huoneessa tai korkealta kalliolta kaukana olevaa toista kalliota kohti. Havaitaan, että huuto saapuu takaisin hetken kuluttua. Kallioiden välimatkan pitää olla riittävän suuri, jotta ääni tulee takaisin vasta sen jälkeen, kun oma huuto on loppunut. Tyhjässä luokkahuoneessa näin selvää kaikua ei saada aikaan.

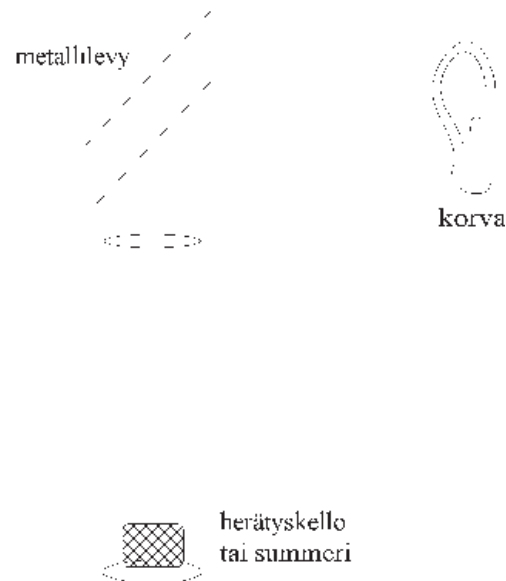
Kaiku on äänen heijastumista. Äänen heijastumista voidaan tutkia tarkemmin seuraavilla vaihtoehtoisilla kokeilla.

5. b) Paperiarkeista tehdään kaksi kartiotorvea. Asetutaan parin kanssa seinän tai kulman eri puolille. Kolmas henkilö asettuu metallitarjottimen tai ison peilin kanssa sopivaan kulmaan parin eteen. Toinen parista huhuilee torveen toisen kuunnellessa oman torvensa avulla. Kolmikko etsii sellaiset asemat, joissa ääni kuuluu hyvin selvästi. Välillä poistetaan tarjotin parin edestä ja verrataan tilannetta aikaisempaan.



Havaitaan, että ääni heijastuu hyvin metallista. Kun tarjotin poistetaan, heijastuu ääni muista seinistä ja pinnoista, mutta se ei enää kuulu niin hyvin.

5. c) Herätyskello tai summeri laitetaan soimaan avonaisen, sileän muovi- tai metalli-putken pohjalle. Putken toiseen päähän asetetaan 45 asteen kulmaan metallilevy tai peili. Pahvista voidaan ensin leikata kolmio, jossa on yksi 45 asteen kulma. Tällöin metallilevyn asettaminen oikeaan kulmaan helpottuu. Asetutaan kuvan osoittamalla tavalla putken vierelle. Etsitään mahdollisimman tarkasti se kohta, jossa ääni kuuluu selvimmin.



Havaitaan, että ääni heijastuu metallilevystä. Äänen suuntaa voidaan muuttaa heijastavien esteiden avulla.

Konserttisaleja ja teattereita suunniteltaessa insinöörit joutuvat tarkasti tutkimaan äänen heijastumista salin eri kohdissa. Joissakin kohdissa heijastumista tarvitaan, ja toisissa siitä on haittaa. Heijastumista voidaan säädellä sopivilla pintamateriaaleilla.

6. Kaksi henkilöä asettuu seisomaan noin sadan metrin päähän toisistaan. Toinen pitää käsissään kattilankansia ja iskee ne vastakkain.

Havaitsija näkee kansien iskeytyvän yhteen, mutta kuulee iskusta syntyvän äänen vasta hetkeä myöhemmin.

Ilmiö johtuu äänen ja valon erilaisista nopeuksista. Havaitsija näkee kattilankannet, koska Auringon valo heijastuu niistä edeten havaitsijan silmiin. Valon etenemisnopeus on noin 300 000 km/s. Sen sijaan äänen nopeus on vain noin miljoonasosa valon nopeudesta, joten ääni kuullaan vasta näköhavaintoa myöhemmin.

Ilmiö voidaan havaita ukonilmalla: ensin nähdään salama, ja vasta sen jälkeen kuullaan jyrähdys. Pikajuoksukisoissa lähettäjän starttipistoolin pamahdus johdetaan jokaisen kilpailijan takana olevaan kaiuttimeen, jotta kilpailijat kuulisivat äänen samanaikaisesti. Muuten lähettäjää lähimpänä oleva kilpailija kuulisii lähtömerkin hieman muita aikaisemmin. Katsomosta käsin voi näyttää siltä, että juoksijat lähtevät liikkeelle ennen lähtöpamausta. Nopeasti kulkevan suihkukoneen lentäessä ylitse moottorien ääni kuulostaa tulevan koneen jäljessä. Siihen mennessä, kun ääni on ehtinyt edetä kuulijan korvaan, on lentokone siirtynyt jo pitkälle eteenpäin.

# VALO

## OPETTAJAN ALKUPALAT

Aurinko ja muut tähdet, kynttilä sekä erilaiset lamput ovat kaikki valonlähteitä. Auringon valo on niin sanottua valkoista valoa, joka voidaan hajottaa väreihin. Muiden valonlähteiden valo sisältää vain osan Auringon valon väreistä. Valo kulkee tyhjässä tilassa. Sen osoittaa jo se, että Auringon ja Kuun valo saapuu avaruuden halki Maahan. Aine vain häiritsee valon kulkua.

Ihminen näkee Kuun, koska Auringon valo heijastuu siitä. Kaikkien sellaisten kappaleiden näkeminen, jotka eivät itse lähetä valoa, perustuu valon heijastumiseen niistä. Oikeastaan pitäisi erottaa toisistaan siroaminen ja heijastuminen, jotka ovat kaksi eri ilmiötä. Oppilaiden on kuitenkin vaikea ymmärtää valon sirontaa vielä peruskoulussa. Siksi tässä yhteydessä puhutaan vain valon heijastumisesta.

Valo heijastuu kiiltävistä pinnoista. Sen sijaan sirontaa tapahtuu kappaleen pintakerroksen sisästä. Kun valo saapuu kappaleeseen, osa valosta heijastuu ja osa imeytyy aineeseen. Peilikuvan näkeminen perustuu heijastumiseen. Peili ei muuta heijastuvan valon väriä, jolloin peilikuva ja kappale ovat samanväriset. Kappaleiden, esimerkiksi peilin itsensä, näkeminen perustuu siitä siroavaan valoon. Sironta tapahtuu aina aineesta, ja se on valon hajaantumista kaikkiin suuntiin. Valon kulkiessa aineessa osa imeytyy ja osa siroaa. Koska aineet imevät eri värejä eri tavoin, myös eri aineista siroava valo on eriväristä. Siroava valo antaa aineelle sen värin.

Peruskoulussa valoa tutkitaan sellaisena ilmiönä kuin lapsi sen havaitsee. Tällaisia ilmiöitä ovat vaikkapa valon heijastuminen, taittuminen ja hajoaminen väreihin. Pohjimmiltaan valo on sähkömagneettista aaltoliikettä, jonka aalto-ominaisuuksien suora havainnoiminen on erittäin vaikeaa. Valon aaltoluonteen käsittely kannattaa siten jättää huomattavasti myöhempään vaiheeseen.

Joidenkin ilmiöiden havaitsemisessa kannattaa valonlähteenä käyttää laseria. Laserin antama valonsäde on tarpeeksi terävä ja voimakas, jolloin ilmiöt saadaan selvästi näkyviin. Laser voidaan korvata tehokkaalla lampulla ja rakolevyllä, mutta ilmiöiden esiinsaaminen voi näin olla hieman hankalampaa. Laser on kestävä ja hyvä koeväline, jonka hankkimista kannattaa harkita. Koska laserin valo voi vahingoittaa silmän verkkokalvoa, täytyy laseria käytettäessä varmistaa, että valonsäde ei osu suoraan silmään. Tämän vuoksi vain opettaja voi käyttää laseria oppilaiden havainnoissa ympärillä. Kaikki valokokeet kannattaa aina tehdä pimenetyssä luokassa.

## TÄSSÄ JAKSOSSA TARVITTAVIA VÄLINEITÄ

- kynttilä
- taskulamppu
- loisteaineilla käsiteltyjä esineitä, kuten kelloja ja tarroja
- piirtoheitin
- kirja
- prisma
- erivärisiä, läpinäkyviä muovi- tai lasilevyyjä
- erivärisiä papereita
- laser tai tehokas lamppu ja rakolevy
- mustaa ja valkoista paperia ja kangasta, heijastimia, alumiinifoliota, piirtoheitinkalvoja, peili ja muita materiaaleja
- väritön, läpinäkyvä lasi- tai muovikappale, jossa on vähintään yksi suora pinta
- kynä
- vesilasi
- tavallisia tasopeilejä
- iso peili
- hiilipaperia
- metallisia ruokalusikoita (tai muunlaisia kuperia ja koveria peilejä)
- erivahvuisia kuperia ja koveria linssejä
- silmälasit
- suurennuslasi (eli kupera linssi)

# 1. VALO JA VARJO

## Tavoitteet

- Opitaan, että ihminen näkee ympäristönsä valon avulla.
- Opitaan, että valo etenee suoraan.
- Opitaan, että valo heikkenee edetessään.

## Välineet

- kynttilä tai taskulamppu
- piirtoheitin
- kirja
- loisteaineilla käsiteltyjä kappaleita

## Tutkimusprosessi

1. Luokkahuone pimennetään mahdollisimman pimeäksi. Havaitaan, että täysin pimeässä huoneessa on mahdotonta nähdä mitään. Kun sytytetään esimerkiksi taskulamppu tai kynttilä, havaitaan, että ympärillä olevat esineet ovat taas nähtävissä. Ilman valoa ihminen ei näe ympäristöään.

Ihminen voi nähdä kappaleet, jotka itse lähettävät valoa. Valoa lähettämättömät kappaleet nähdään, koska valo heijastuu niistä ihmisen silmiin.

Tarkastellaan myös erilaisia loisteaineilla käsiteltyjä esineitä, kuten kelloja, tarroja ja liikennemerkkejä. Loisteaineet "varastoivat" valoa. Ne loistavat jonkin aikaa sen jälkeen, kun niitä on pidetty valossa.

2. Miten voit muodostaa varjoja?  
Missä olet nähnyt varjoja luonnossa?

Tehdään varjokuvia piirtoheittimen tai taskulamppujen valossa. Pohditaan, miksi varjo syntyy.

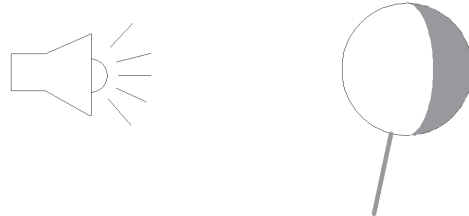
Varjot syntyvät, kun valonlähteen edessä on jokin este. Varjoja tarkastelemalla nähdään, että valo ei pääse esteen taakse eli se kulkee suoraan. Jos valokeila on kapea ja terävä, muodostuu tarkkareunainen sydänvarjo. Jos valonlähde on suuri, kuten Aurinko tai hehkulamppu, sydänvarjon ympärille muodostuu vielä himmeämpi puolivarjo.

Miten varjon kokoa voidaan vaihdella?

Mihin suuntaan estettä tai valonlähdettä on siirrettävä, jotta varjon koko kasvaisi?

## Yö ja päivä

Kauan sitten ihmiset kuvittelivat Maan olevan litteä. Erään uskomuksen mukaan Aurinko tuli aamulla taivaankannen raosta ja poistui illalla toisesta raosta. Nykyään tiedetään, että pallonmuotoinen Maa pyörii. Pyörimisestä johtuu, että Maassa on vuorotellen yö ja päivä. Auringon valo osuu maapallon toiselle puolelle toisen puolen jäädessä pimeäksi. Ilmiötä voi tutkia tennispallon, sukkapuikon ja lampun avulla kuvan mukaisesti.

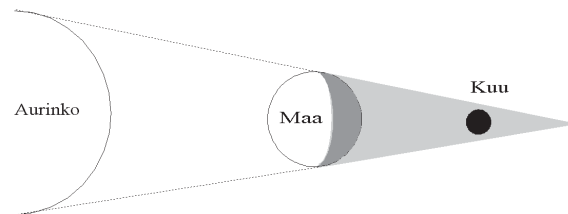


## Kuun vaiheet

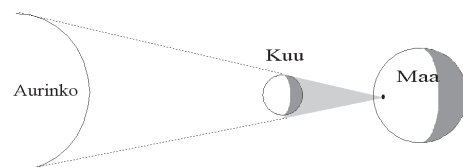
Kuu heijastaa Auringon valoa. Ihminen näkee Kuusta aina erikokoisia alueita sen mukaan, missä Kuu sijaitsee Aurinkoon ja Maahan nähden. Myös Kuussa yö ja päivä vuorottelevat, koska Kuu pyörii akselinsa ympäri. Kun Kuusta näkyy Maahan kirkas sirpinmuotoinen alue, nähdään joskus himmeänä myös muu osa Kuusta. Tämä johtuu siitä, että Maasta heijastunut Auringon valo osuu Kuuhun.

## Kuun- ja auringonpimennykset

Kuunpimennyksen aikana Kuu jää kokonaan Maan varjoon. Tällöin pimennyksen voivat havaita kaikki ne ihmiset, joilla on sillä hetkellä yö.



Koska Aurinko on hyvin paljon kauempana kuin Kuu, näyttävät Kuu ja Aurinko lähes samankokoisilta, vaikka Kuu on paljon pienempi. Kun Kuun varjo osuu Maahan, Maassa nähdään auringonpimennys. Kuu on sellaisella etäisyydellä Maasta, että sen aiheuttaman sydänvarjon kärki juuri ja juuri ulottuu Maahan. Täydellinen auringonpimennys voidaan havaita siinä kohdassa Maata, jossa Kuu peittää koko Auringon.



- Luetaan kirjaa taskulampun valossa lampun ollessa lähellä tekstiä. Tutkimuspari vie lampua hitaasti kauemmaksi tekstistä lukijan ja kirjan pysyessä paikallaan.

Havaitaan, että lukeminen muuttuu sitä hankalammaksi, mitä kauemmaksi lampua siirretään. Valo heikkenee edetessään.

## 2. VALON HEIJASTUMINEN

### Tavoitteet

- Opitaan, mitä tarkoitetaan valon heijastumisella.
- Opitaan, että erilaiset pinnat heijastavat valoa eri tavalla.

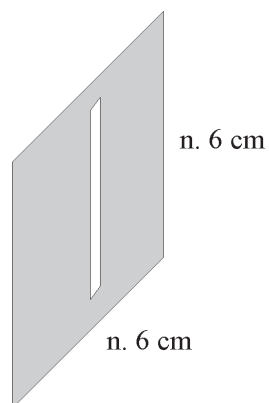
### Välineet

- laser tai tehokas lamppu ja rakolevy
- lamppuja (esimerkiksi taskulamppu tai piirtoheittimen valo)
- mustaa ja valkoista paperia ja kangasta, heijastimia, alumiinifoliota, piirtoheitinkalvoja, peili ja muita materiaaleja
- perunajauhoa tai liitupölyä

Valonlähteenä voidaan käyttää laseria, jonka valonsäde on hyvin kapea ja voimakas. Muuta valonlähdettä, esimerkiksi tehokasta hehkulamppua, käytettäessä on lampun eteen asetettava rakolevy. Rakolevyn voi valmistaa itse esimerkiksi mustasta pahvista tai metallilevystä leikkaamalla siihen noin 2 mm kapean raon. Metallisia rakolevyjä saa myös valmiina.

### Työturvallisuus

Pahvista tehtyä rakolevyä ei saa laittaa liian lähelle lamppua, jotta rakolevy ei kuumene liikaa ja syty palamaan.



### Työturvallisuus

Laseria käytettäessä pitää olla varovainen, sillä silmään osuessaan se voi vahingoittaa verkkokalvoa.

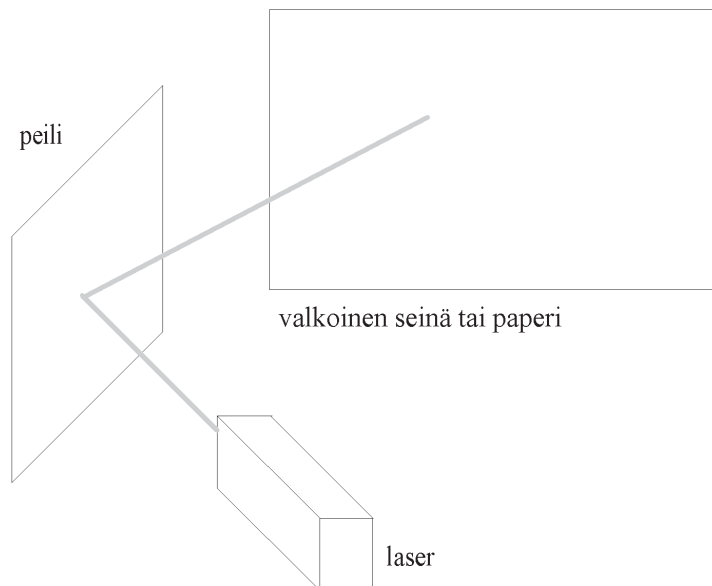
## Keskustelua

Opettaja voi ennen kokeiden tekoa pohtia oppilaiden kanssa seuraavia kysymyksiä:

- ◆ Miksi puhtaat, valkoiset hanget häikäisevät aurinkoisena talvipäivänä?
- ◆ Miksi heijastin näkyy hyvin pimeässä auton valon osuessa siihen?

## Tutkimusprosessi

- a) Valonsäde kohdistetaan vinosti peiliin kuvan osoittamalla tavalla, ja peilin toiselle puolelle laitetaan esimerkiksi valkoinen paperi tai koe tehdään vaalean seinän vieressä. Valonsäteen kulun ilmassa voi havaita paremmin varistamalla säteen kohdalle hieman perunajauhoa. Luokan täytyy tällöin olla pimennetty.



Havaitaan, että peili kääntää valonsäteen suunnan. Ilmiötä kutsutaan heijastumiseksi.

Käännellään vielä peiliä, jolloin myös heijastunut säde kääntyy.

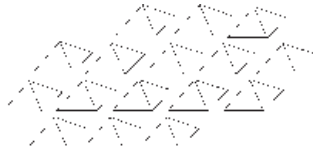
## Monikäyttöinen laser

Ensimmäinen laser rakennettiin Kaliforniassa vuonna 1960. Laserista tuli pian suosittu valonlähde myös teollisuudessa. Nykyisin lasereita käytetään muun muassa kaupoissa viivakoodin lukulaitteissa, CD-levyjen valmistuksessa ja CD-soittimissa. Laser sopii hyvin sekä lujien että hauraiden materiaalien leikkaamiseen. Laserilla leikataan teräslevyä, paperia, kangasta, lasia, keramiikkaa ja timanttia. Fyysikot ja insinöörit käyttävät laserin valoa erilaisissa mittauksissa. Esimerkiksi Kuun etäisyys Maasta on mitattu tarkasti siten, että vuonna 1969 astronautit jättivät Kuun pinnalle peilin, johon suunnattiin Maasta voimakas lasersäde. Sodassa laseria käytetään tutkana, jolla mitataan kohteen sijainti. Laseria käytetään menestyksekkäästi myös silmäleikkauksissa.

- b) Katso myös valmis monistepohja.

Valaistaan lampulla erilaisia esineitä. Lamppu pitää kohdistaa esineen pintaan vinosti niin, että valo heijastuu esineestä seinään. Erityisesti kannattaa verrata mustaa ja valkoista pintaa sekä kiiltävää ja mattapintaa. Tutkitaan myös halkaistua heijastinta.

Havaitaan, että vaaleat ja kiiltävät pinnat heijastavat parhaiten, kun taas mustat ja karheat pinnat imevät valoa. Heijastimen toiminta perustuu siihen, että siinä on monta pientä, eri suuntiin heijastavaa pintaa.

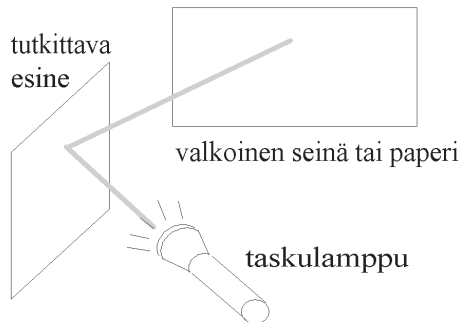


## 2. VALON HEIJASTUMINEN

### Välineet

- lamppu
- mustaa ja valkoista paperia ja kangasta, heijastimia, alumiinifoliota, piirtoheitinkalvoja, peili ja muita materiaaleja

Valaise erilaisia esineitä kuvan osoittamalla tavalla.



Tutki, miten eri esineet heijastavat valoa. Tutki myös muita kuin taulukossa olevia esineitä.

Esine	Heijastaa hyvin	Heijastaa kohtalaisesti	Ei heijasta lainkaan
valkoinen paperi			
musta paperi			
valkoinen kangas			
musta kangas			
alumiinifolio			
piirtoheitinkalvo			
heijastin			
halkaistu heijastin			
villapaita			
peili			

Mitä yhteistä on esineillä, jotka heijastivat hyvin valoa?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Millaisia ovat esineet, jotka heijastivat valoa heikosti?

.....

.....

.....

.....

.....

Tutki halkaistun heijastimen pintaa. Piirrä, miltä pinta näyttää.

### 3. VÄRIT

#### Tavoitteet

- Opitaan, että valkoinen valo sisältää useita eri värejä.
- Opitaan, että erivärisiä valoja yhdistelemällä voidaan muodostaa uusia värejä.
- Opitaan, että kappale nähdään siitä silmään tulevan valon värisenä.

#### Välineet

- prisma
- rakolevy
- taskulamppuja
- erivärisiä, läpinäkyviä muovi- tai lasilevyjä
- erivärisiä papereita

#### Tutkimusprosessi

1. Prismaa käännellään voimakkaan valonlähteen, esimerkiksi piirtoheittimen lampun edessä. Ilmiö näkyy parhaiten, jos valo ohjataan prismaan kapean raon kautta.

Seinällä tai katossa näkyy monivärinen valoläikkä, spektri. Hyvä spektri saadaan aikaan Auringon valon avulla.



Tavallisen hehkulampun lähettämä valo ja Auringon valo ovat niin sanottua valkoista valoa. Valkoinen valo sisältää useita värejä, jotka saadaan näkyviin prisman avulla.

Samantapaisia väri-ilmiöitä nähdään muun muassa sateenkaudessa, CD-levyn pinnassa ja saippuakuplissa. Näissä tapauksissa nähtävät värit eivät kuitenkaan ole puhtaita spektrin värejä.

## Spektrin historiaa

Vuonna 1642 syntynyt Isaac Newton oli erityisen kiinnostunut optiikasta ja tutki aktiivisesti valoa. Vaikka valkoisen valon hajoaminen väreihin oli tuttu seikka jo Aristoteleen ajoilta saakka, ei ilmiön olemuksesta ollut parempaa tietoa. Newton oli ensimmäinen, joka ryhtyi tutkimaan ilmiötä tarkemmin. Newton innostui ilmiön luonteesta hioessaan linsejä itse keksimäänsä kaukoputkeen. Ennen Newtonia uskottiin, että lasi muutti valkoisen valon muiksi väreiksi. Tarvittiin Newtonin viisautta selittämään, että valo itsessään sisältää spektrin värit. Tämä uusi valon teoria aiheutti kiistoja Newtonin ja muiden sen ajan fyysikkojen välillä.

2. a) Taskulampun eteen asetetaan vuorotellen erivärisiä läpinäkyviä levyjä. Havaitaan, että varjostimella näkyvä valo on levyn väristä. Väriäinen levy suodattaa valkoisesta valosta pois kaikki muut värit.

Itse asiassa kaikkien kappaleiden värit johtuvat siitä, että niiden aine imee valosta pois tiettyjä värejä. Kappale nähdään jäljelle jäävän valon värisenä.

2. b) Lampun eteen asetetaan kaksi eriväristä levyä päällekkäin. Havaitaan, että varjostimella ei näy valoa. Ensimmäinen levy päästää lävitseen vain yhden värin, jonka toinen, erivärinen levy puolestaan suodattaa pois. Jotta koe onnistuu hyvin, täytyy levyjen olla voimakkaan värisiä.

Valoisassa huoneessa kahden päällekkäin olevan erivärisen levyn läpi ei voi nähdä. Nyt levyn toisella puolella oleva valo ei pääse levyjen läpi silmään.

2. c) Sininen, punainen ja vihreä valo suunnataan päällekkäin valkoiselle varjostimelle, esimerkiksi paperille.

Varjostimella nähdään pieni valkoinen alue, jonka ympärillä nähdään vielä muita värejä, kuten keltaista, vaaleampaa sinistä ja punaista. Yhdistelemällä sopivasti punaista, sinistä ja vihreää valoa voidaan muodostaa kaikki muut värit. Televisi-  
on ja tietokoneen monitorin kuvien värit muodostetaan näiden kolmen värin avulla.

Vesivärejä yhdistettäessä saadaan erilaisia värejä kuin yhdistettäessä erivärisiä valoja. Väriaineen väri riippuu siitä, mitä värejä se imee valosta pois.

3. Valkoisen varjostimen tilalle vaihdetaan väriäinen paperi, ja siihen suunnataan erivärisiä valoja.

Havaitaan, että väriäinen paperi heijastaa selvästi vain paperin väristä valoa. Muun värisen valon paperi imee pois, jolloin paperi näyttää harmaalta. Paperi ei voi nyt heijastaa minkään väristä valoa. Jos mustaan paperiin kohdistetaan erivärisiä valoja, imee paperi kaiken valon. Todellisuudessa kappaleet eivät ole täysin mustia. Täysin musta kappale näyttäisi pimeältä aukolta.

Samoja väri-ilmiöitä voidaan havaita esimerkiksi diskossa, jossa väriilliset valot heijastuvat erivärisistä vaatteista. Teiden varsilla olevat keltaoranssit katuvalot tekevät autoista oudon värisiä.

### 3. VÄRIT

#### Välineet

- taskulamppuja
- erivärisiä, läpinäkyviä muovi- tai lasilevyjä
- erivärisiä papereita

Tee seuraavat kokeet ja pidä kirjaa havainnoistasi.

1. Pimennä huone ja aseta taskulampun eteen vuorotellen erivärisiä läpinäkyviä levyjä ja kohdista valot valkoiselle varjostimelle.

.....

.....

.....

.....

2. Aseta lampun eteen kaksi eriväristä levyä päällekkäin. Kohdista lamppu varjostimelle.

.....

.....

.....

3. Tee tämä koe valoisassa huoneessa. Laita kaksi eriväristä levyä päällekkäin ja katso niiden läpi.

.....

.....

.....

4. Pimennä huone. Suuntaa sininen, punainen ja vihreä valo päällekkäin valkoiselle varjostimelle, esimerkiksi valkoiselle paperille.

.....

.....

.....

.....

5. Vaihda valkoisen varjostimen tilalle värillinen paperi, ja suuntaa siihen erivärisiä valoja.

.....

.....

.....

.....

## 4. VALON TAITTUMINEN

### Tavoitteet

- Opitaan, että valo taittuu osuessaan läpinäkyvän aineen pintaan.
- Opitaan, että monet näköharhat johtuvat valon taittumisesta.

### Välineet

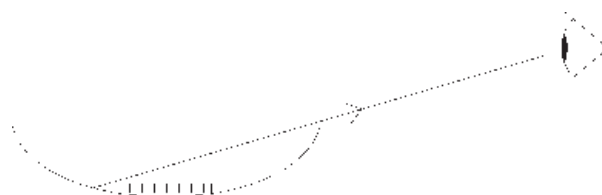
- laser tai voimakas valonlähde ja rakolevy
- erilaisia lasi- tai muovikappaleita
- valkoinen pahvi- tai muovilevy
- kynä, vesilasi ja vettä
- laakea astia, esimerkiksi syvä lautanen
- kolikko

### Työturvallisuus

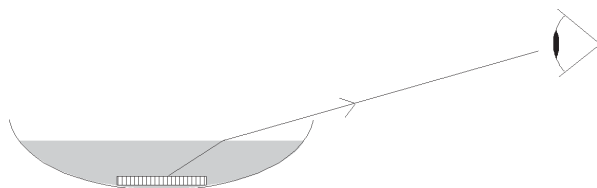
Lasersädettä ei saa koskaan suunnata kohti katsojaa, sillä osuessaan silmään se voi vahingoittaa verkkokalvoa.

### Tutkimusprosessi

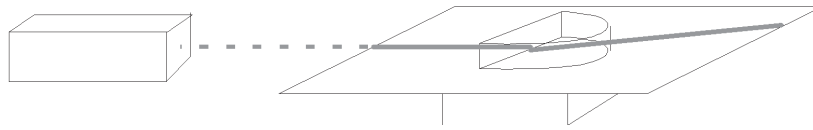
1. Kolikko asetetaan tyhjän, läpinäkymättömän astian pohjalle. Astia laitetaan pöydälle, ja sitä katsotaan sivulta siten, että kolikko ei juuri ja juuri näy. Joku tutkijoista kaataa astiaan vettä.



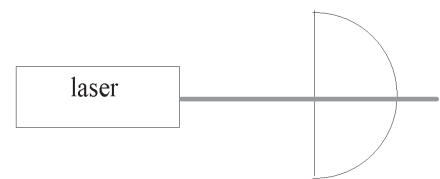
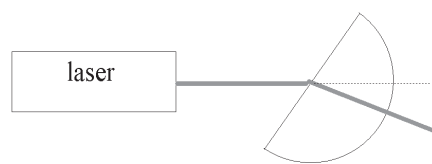
Katsojat havaitsevat, että kolikko ikään kuin “nousee” näkyviin. Todellisuudessa kolikko ei liiku minnekään. Sen sijaan valo taittuu ilman ja veden rajalla siten, että kolikko näyttää olevan korkeammalla.



2. Valonsäde kohdistetaan vinosti lasi- tai muovikappaleen suoraan pintaan. Valonsäteen kulkua ilmassa ei voi nähdä, mutta säde näkyy hyvin, jos se saadaan kulkemaan tason pinta pitkin.



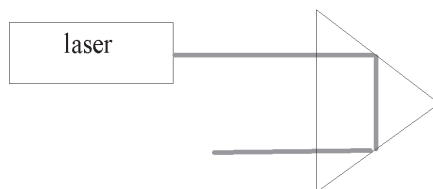
Havaitaan, että valonsäde muuttaa suuntaa saapuessaan ilmasta lasiin. Ilmiötä kutsutaan valon taittumiseksi. Valo voi taittua esimerkiksi silloin, kun se saapuu vinosti kahden aineen rajapintaan. Kun valo tulee pinta vastaan kohtisuorasti, se ei taitu. (Kuvat ylhäältä päin.)



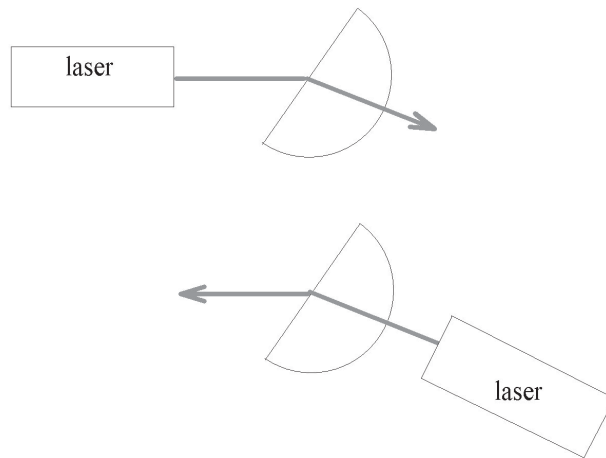
Tutkitaan valon taittumista erimuotoisissa läpinäkyvissä kappaleissa. Suorakulmion muotoisessa kappaleessa nähdään, että valo taittuu molemmissa rajapinnoissa ja tulee läpi alkuperäisen säteen suuntaisena.



Joissakin tapauksissa valo voi taittua niin paljon, että se ei mene lainkaan rajapinnan toiselle puolelle. Ilmiötä kutsutaan kokonaisheijastukseksi.



Jos laser siirretään siihen kohtaan, jossa säde tulee kappaleesta pois, havaitaan säteen kulkevan samaa reittiä myös toiseen suuntaan. Valon kulku on käänteinen.



3. Lasi täytetään vedellä ja siihen asetetaan kynä.

Näyttää siltä, että kynä taittuu. Tämä näköharha johtuu valon taittumisesta ilman ja veden rajalla.

Pohditaan, missä kyseinen ilmiö näkyy ympäristössä (airot tai ihminen vedessä).

## 5. PEILIT

### Tavoitteet

- Opitaan, mitä tarkoitetaan peilikuvalla.
- Opitaan, millaisia kuvia erilaiset peilit muodostavat.
- Opitaan, missä erilaisia peilejä tarvitaan.

### Välineet

- tavallisia tasopeilejä
- metallisia ruokalusikoita (tai muunlaisia kuperia ja koveria peilejä)
- hiilipaperia
- iso peili

### Tutkimusprosessi

Peili on lasia, jonka toinen pinta on päällystetty ohuella hopea- tai alumiini-kerroksella. Peilin kaltaisia heijastavia pintoja ovat kaikki tasaiset, kiiltävät pinnat, kuten metallit ja tyynen järven pinta.

Oppilaat voivat tutkia seuraavia ilmiöitä lusikan ja tavallisen peilin kanssa opettajan ohjatessa prosessia esimerkiksi johdattelukysymysten avulla. Ohjatun ilmiötä voidaan tutkia valmiin monistepohjan avulla.

1. Katsotaan tavalliseen tasopeiliin. Isketään peilikuvalla vasenta silmää tai heilautetaan vasenta kättä. Mitä erikoista peilikuvassa näkyy?

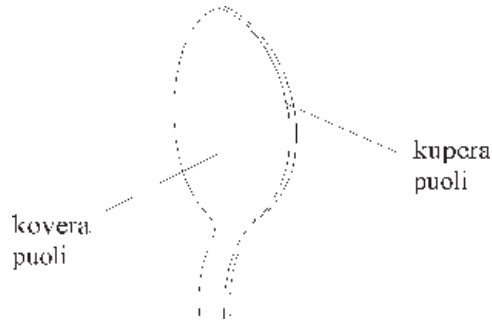
Havaitaan, että peilikuva iskee oikeata silmää ja heilauttaa oikealla kädellä. Kaikki peilikuvat ovat samalla tavoin kääntyneitä.



Ison peilin avulla voidaan hieman huvitella. Asetetaan peilin sivulle siten, että puolet vartalosta on peilin heijastavalla puolella. Nostetaan toista kättä ja jalkaa samanaikaisesti. Katsoja asettuu samalla tavalla peilin toiselle puolelle. Katsoja havaitsee hauskan sätkykon.

Hiilipaperin avulla voidaan tehdä peilikirjoitusta. Asetetaan päällekkäin kaksi tavallista paperia, joiden alle laitetaan hiilipaperi hiilipuoli ylöspäin. Päälimmäiselle paperille kirjoitetaan jokin viesti. Ystävälle annetaan toinen paperi, johon viesti on syntynyt peilikirjoituksena. Jotta ystävä voi ymmärtää viestin, täytyy hänen lukea se peilin avulla.

2. Tutkitaan kuperia ja koveria peilejä. Helposti saatavilla oleva tutkimusväline on tavallinen ruokalusikka.



Lusikkaa liikutellaan molemmin puolin edestakaisin silmien edessä. Mitä peilikuvalle tapahtuu?

Havaitaan, että kuperan puolen lähestyessä kasvoja peilikuva suurenee ja leviää. Lisäksi kuva on oikein päin.

Koveralla puolella kasvot ovat vääripäin, ja peilin lähestyessä kasvoista tulee pitkulaisemmat.

3. Sormi viedään aivan kiinni koveraan puoleen, ja sormeä vedetään hitaasti pois-päin peilistä.

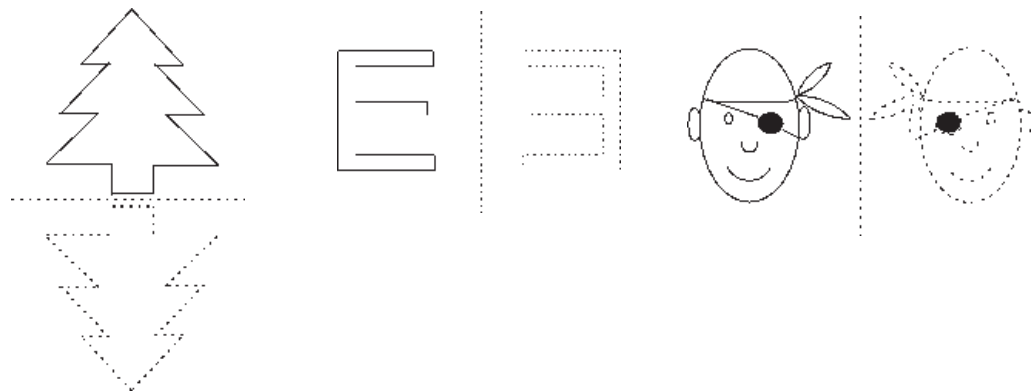
Havaitaan, että alussa sormen kuva on oikeinpäin, mutta tietyssä kohdassa se kääntyy ylösalaisin. Tämä ilmiö näkyy vain koverilla peileillä.

4. Tavallinen peili ja kupera peili asetetaan vierekkäin. Peilien pitää olla suunnilleen samankokoisia. Verrataan peileissä näkyviä kuvia.

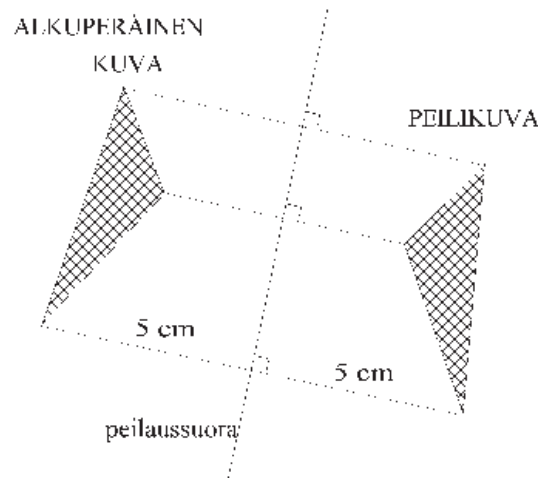
Havaitaan, että kuperassa peilissä näkyy suurempi alue ympäristöä kuin tavallisessa peilissä.

Kuperia peilejä käytetään muun muassa auton sivupeileissä, liikennepeileissä teiden varsilla sekä kauppojen tarkkailupeileissä. Koveria peilejä käytetään esimerkiksi kameroissa, kaukoputkissa ja valonheittimissä.

5. Peilikuvan ymmärtämistä voidaan laajentaa piirrostehtävien avulla. Monistepohjassa on muutamia esimerkkejä.



Peilikuva piirretään siten, että jokainen peilikuvan piste tulee yhtä kauaksi peilaussuorasta kuin alkuperäisen kuvan vastaava piste.



Tässä vaiheessa oppilaille riittänee kuitenkin pelkkä peilikuvien hahmotteleminen. Peilikuvan tarkka piirtäminen kolmioviivoittimen avulla opitaan myöhemmin muun muassa matematiikassa.

## 5. PEILIT

### Välineet

- tavallisia tasopeilejä
- metallisia ruokalusikoita

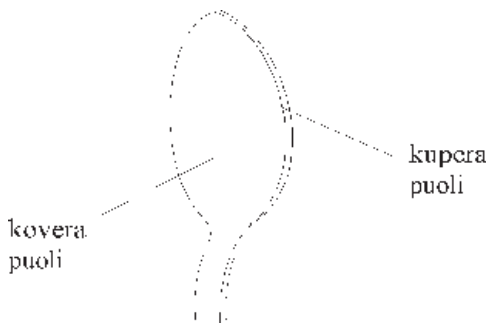
1. Katso tavalliseen peiliin. Iske peilikuvallasi silmää ja heilauta kättäsi. Katso tarkasti. Mitä erikoista peilikuvassa näkyy?

.....

.....

.....

2. Tutki ruokalusikan molempia puolia eli kuperaa ja koveraa peiliä. Liikuttele lusikkaa molemmin puolin edestakaisin silmiesi edessä. Mitä peilikuvalle tapahtuu kuperalla ja koveralla puolella?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Vie sormi aivan kiinni koveraan puoleen ja vedä sormeä hitaasti pois päin peilistä. Mitä havaitset?

.....

.....

.....

4. Aseta tavallinen peili ja kupera peili vierekkäin. Peilien pitää olla suunnilleen samankokoisia. Vertaa peileissä näkyviä kuvia.

.....

.....

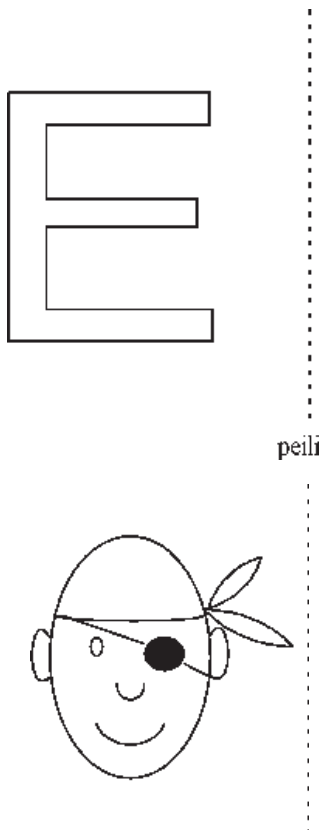
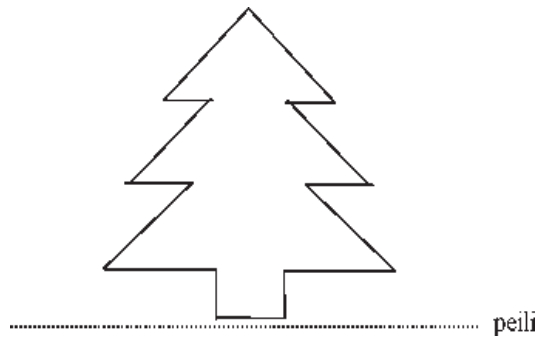
5. Missä kuperia ja koveria peilejä käytetään hyväksi?

.....

.....

.....

6. Piirrä seuraavien kuvioiden peilikuvat peilin toiselle puolelle



## 6. LINSSIT

### Tavoitteet

- Opitaan, millaisia kuvia erilaiset linssit muodostavat.
- Opitaan, missä linssejä käytetään.

### Välineet

- erivahvuisia kuperia ja koveria linssejä
- silmälasit
- suurennuslasi (kuperä linssi)
- kynttilä

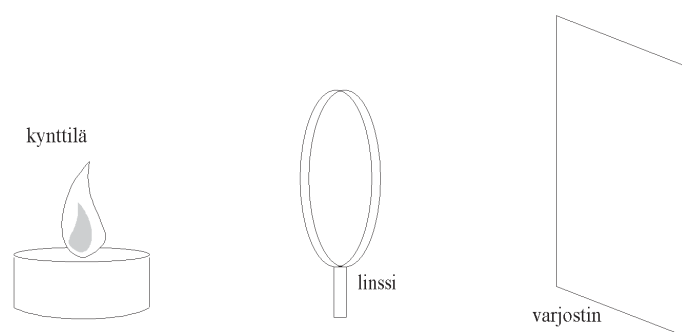
### Tutkimusprosessi

Linssit valmistetaan hiomalla lasia tai muovia sopivasti. Linssejä käytetään muun muassa kameroissa, kiikareissa, mikroskoopeissa ja silmälaseissa. Linssien hiominen on tarkkaa puuhaa, ja pienetkin hiontavirheet saattavat aiheuttaa vääristyneitä kuvia.

1. Tutkitaan erivahvuisia kuperia ja koveria linssejä. Luetaan tekstiä tai katsellaan kuvia niiden läpi. Tutkitaan myös erilaisia silmälaseja. Silmälaseissa ja muissakin linsseissä miinuslinssi tarkoittaa koveraa ja pluslinssi kuperaa linssiä.

Havaitaan, että kuperan linssin läpi katsottuna esineet näyttävät suuremmilta ja koveralla linssillä pienemmiltä. Mitä vahvempi linssi on, sitä paremmin se suurentaa tai pienentää.

2. Kynttilä, linssi ja varjostin asetetaan pöydälle kuvan mukaisesti. Varjostimena voidaan käyttää valkoista paperia tai seinää.



Ensin tilannetta tutkitaan kuperan linssin kanssa. Ennen kokeen tekemistä kannattaa etsiä sopiva linssi ja kokeilla oikeat etäisyydet, joilla kuva näkyy selvästi. (Valmiissa demonstraatiolinsseissä sopiva linssi on esimerkiksi sellainen, jossa lukee +5 cm tai +10 cm.)

Havaitaan, että varjostimelle muodostuu ylösalaisin oleva kynttilän liekin kuva.

Vertaillaan varjostimelle muodostuvia kuvia, kun vaihdellaan linssin vahvuutta tai sen etäisyyttä varjostimesta.

Koveran linssin tapauksessa varjostimelle ei saada näkyviin kuvaa lainkaan. Kovera linssi muodostaa niin sanotun valekuvan, jota ei voi nähdä varjostimella.

