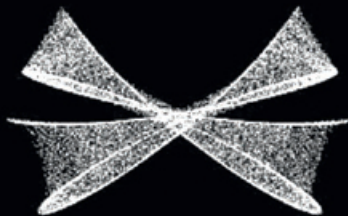


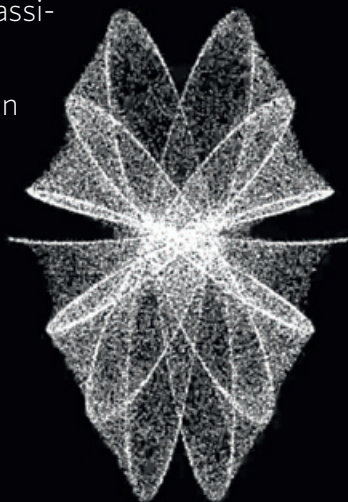
MAGNETISMIN MYSTEERI

ARI SIHVOLA

AALTO-YLIOPISTO



Jokaisella meistä on arkikokemuksia magnetismista. Jääkaapin oveen kiinnitetyt ja liikuteltavat magneettilevyt piristävät päivää, nappimagneetteja saa tarttumaan toisiinsa tai työntämään toisiaan pois päin ja kannettavan tietokoneen latausjohto tarttuu kätevästi kiinni koneen liitoskohtaan. Kompassineulan saa kääntymään eri suuntiin, kun nappimagneetin tai teräskappaleen tuo sen läheisyyteen.



Mikä on tuo ihmeellinen voima, joka vaikuttaa ilman ja tyhjän tilan läpi? Miksi sen vaikutus ei vähene, vaikka magneetin ja kompassin väliin pan-taisiin puu- tai muoviväly? Miten maapallollakin ja lähiavaruudessa voi olla kaiken tilan läpäisevä magneettinen kenttä?

Magneettisuus on kauan tunnettu ilmiö

Vaikka magneettisten materiaalien suunnittelu ja tuottaminen kuuluu nykyään huipputekniikan ja teollisuuden piiriin, on ihmiskunta tuntenut magneettiset ilmiöt jo pitkään. Luonnossa esiintyvä rautaoksidimineraali, magnetiitti, voi olla nimensä mukaisesti voimakkaasti magneettinen. Rautaa opittiin valmistaman kolmisen tuhatta vuotta sit-ten, ja vähitellen kestromagneettien sovelluksiakin alkoi esiintyä, tärkeimpänä kompassi, laakeroitu ja vapaasti kiertymään pääsevä magneettinen neula, joka asettuu magneettikentän suuntaisek-si. Ja koska Maapallon oma vakiomagneettikenttä osoittaa suunnilleen pohjoiseen, on kompassi ollut merkittävä navigoinnin apuväline kautta aikojen.

Sanojen "magnetismi" ja "magneetti" alkuperästä on erilaisia oletuksia. Usein esitetään, että se on saanut nimensä Magnesian maakunnan mukaan, Vähä-Aasian alueen jossa magnetiittia oli saata-vissa jo antiikin aikaan. Kreikan ja latinan kautta sana on siirtynyt muihin kieliin, ja edelleen myös suomeen.

Sääli oikeastaan, ettei meillä suomen kielessä ole omaperäistä sanaa magnetismille. Toisin on säh-kön kanssa: "sähkö" ei juonnu – kuten valtaosassa muita maailman kieliä – kreikan meripihkaa tar-koittavasta "elektron"-sanasta (elektricitet, elect-ricity, électricité, ...) vaan sana on keksitty ja tuotu kieleemme 1840-luvulla. Kun meripihkaa hankaa, se varautuu staattisella sähköllä, ja siitä voi saada jopa "sähähtävän säkenen". Siksi sähkö on mitä so-pivin sana ilmiötä kuvaamaan.

Magneettisuuden lakeja opittiin tuntemaan jo keskiajalla. Ymmärrettiin, että magneetissa kappa-leessa oli kaksi napaa, joita ei saanut irti toisistaan, vaan kahtia pilkotun magneetin osissa oli kum-massakin omat etelä- ja pohjoisnapansa. Ne siis toimivat molemmat magneetteina, kuten alkupe-räinen magneetti.

Lisäksi vuosisatojen kuluessa tarkentui maapal-lon magneettinen luonne. Huomattiin, että kom-pressineulaa ei vedäkään puoleensa Pohjantähti, vaan maapallolla itse suurena magneettina on oma pohjois- ja etelänapansa, jotka synnyttävät kaikkialle magneettista neulaa kääntävän voiman. Merenkulkijoiden pettymykseksi selvisi myös, että kompassi ei osoitakaan suoraan pohjoiseen, vaan magneettinen pohjoinen poikkeaa maantieteelli-sestä suunnasta, ja vieläpä eri puolilla maapalloa eri tavalla. Kaiken kukkuraksi tämä poikkeama, jota kutsutaan deklinaatioksi tai erannoksi, muuttuu ajan mukana. Esimerkiksi Helsingissä tätä nykyä kompassi osoittaa noin 9 astetta itään todellisesta pohjoissuunnasta, kun taas vuonna 1840, jolloin Kaisaniemessä aloitettiin maamagnetismin mitta-ukset, oli deklinaatio saman verran länteen!

Magnetismin tuottaminen sähköllä

Toisin kuin magnetismilla, ei sähköllä ollut pit-kään aikaan mitään käytännöllistä merkitystä, vaikkatoki hankaussähkön vaikutukset tunnettiin: staattisella sähköllä varattu esine veti puoleensa kevyitäkappaleita tai sillä saattoi jopa saada aikaan pienen kipinän. Luonnollista olikin, ettei sähköllä ja magnetismilla kuviteltu olevan mitään tekemistä toistensa kanssa.

Tilanne kuitenkin muuttui, kun italialainen Alessandro Volta keksi pariston. Kaksi eri metallia, liitettynä toisiinsa esimerkiksi nesteen vä-lityksellä, muodostivat kemiallisen sähkön lähteen, parinjoka tuotti jatkuvaa sähköä. Tämä sähkö oli eri

luonteista kuin staattinen hankaussähkö. Se saatiinvirtaamaan metallilankoja pitkin suljetussa piirissä. Tällä uudella sähköän muodolla, sähkövirralla, olierilaisia vaikutuksia: se saattoi lämmittää lankaa tai jopa saada sen hehkumaan.

Mutta kaikkein vallankumouksellisin oli tanskalaisen Hans Christian Örstedin tasan kaksisataa vuotta sitten (1820) tekemä havainto, että jos lanka jossa sähkövirta kulkee, tuodaan riittävän lähelle kompassia, neula kääntyy. Sähköllä on siis samanlainen vaikutus kuin kestopagneetilla. Toisinsanoen, sähkövirta synnyttää ympärilleen magneettikentän. Ja vielä enemmän: ympyrän muotoinen sähkövirtasilmukka tuottaa magneettikentän, joka käyttäytyy kuten kestopagneetti. Magneettikenttä lähtee yhdestä navasta pois päin, kaartuu, kiertää magneetin ja palaa toiseen päin. Tämän kentän voima heikkenee rajusti etäisyyden kasvaessa: se pienenee käänteisessä kolmannessa potenssissa, eli etäisyyden kaksinkertaistuessa voima on pudonnut kahdeksanteenosaansa.

Sähköän tuottaminen magneetilla

Koska magneetit aiheuttavat toisiinsa voimavaiikutuksen, ja nyt siis sähköllä pystyttiin aikaansaamaan magneettisuutta, oli tie valmis kohti käytännön sovellutuksia: sähkömoottoreita ja sähköisiä kulkuneuvoja. Ongelmana oli kuitenkin paristoista saatavan sähköän laatu. Kemiaalliset paristot olivat painavia, epästabiileja ja kuluivat nopeasti loppuun. Voisiko olla toista, tehokkaampaa tapaa saada aikaan sähköä?

Jos kerran sähkö tuottaa magneettisuutta, niin oli luonnollista ajatella, että magneetilla voitaisiin synnyttää sähköä. Melko pian havaittiinkin – tässä ansio kuuluu englantilaiselle Michael Faradaylle), että jos johdinsilmukan läpi kulkeva magneettikenttä muuttuu, siinä lähtee kulkemaan sähkövirta. Sähkövirran suuruus on verrannollinen koko-

naismagneettikentän voimakkuuteen mutta myös sen muutosnopeuteen. Toisin sanoen nykyisemällä johdinsilmukan keskellä olevan kestopagneetin pois saa silmukassa kulkemaan hetkellisen virran, joka näkyy vaikkapa lampun välähdyksenä jos se on kytketty silmukan piiriin.

Luonto ei tunnetusti kuitenkaan anna mitään ilmaiseksi. Ei myöskään tätä sähköä. Mistä sen tarvitsema energia sitten on? Se on peräisin tietysti siitä mekaanisesta työstä, jolla magneettia liikutetaan. Sähkögeneraattori onkin laite, joka muuttaa mekaanista energiaa sähköenergiaksi. Ilmiössä tärkeää on siis magneettisuuden muutos ja sen nopeus. Jotta saadaan magneettiset kenttäviivat mahdollisimman nopeasti kulkemaan virtasilmukoiden lävitse, on kehitetty erilaisia generaattorityyppejä, joissa toistensa suhteen pyörivät silmukat ja magneetit maksimoivat tämän vuorovaikutuksen. Toki pyörikyseen tarvitaan voimaa. Sitä saadaan voimalaitoksissa erilaisista lähteistä, putoavasta vedestä, tuulesta tai lämpövoimalaitoksissa höyrystä, jota saadaan ydinreaktioilla tai polttamalla vaikkapa puuta tai öljyä.

Sähkömagnetismi ja sähkömagneettiset aallot

Muuttuva magneettikenttä aiheuttaa sähköisen voiman ympäristöönsä. Entäpä muuttuva sähkökenttä? Osoittautuu, että muuttuva sähkökenttä on jossain mielessä samanlainen kuin sähkövirta. Vaikka sähkövirta vaatii kulkeakseen aineen, joka johtaa sähköä, tämä analoginen siirrossähkövirta, sähkökentän ajallinen muutos, voi tapahtua eristeaineessa, siis vaikkapa tyhjässä tilassa, ilmassa. Siksi sähkökentän muutos synnyttää, kuten johdevirtakin, taas magneettikentän. Eikä tämä vuorovaikutus tarvitse lainkaan väliainetta.

Siinä prosessissa sähkö ja magnetismi ovat täysin samanarvoisia. Ne ovat vain eri puolia yhtenäisestä sähkömagneettisesta kentästä. Itse asiassa

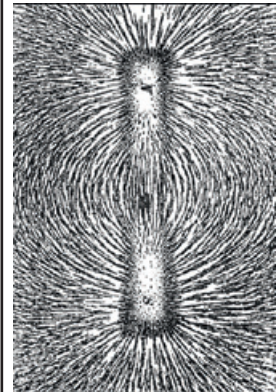
tämä sähkö- ja magneettikenttäviivojen parileikki tarkoittaa sitä, että kenttä ja sen energia etenevät ilman halki. Ja nopeus on valtava: kolmesataa tuhatta kilometriä sekunnissa!

Sehän on valon nopeus! Valo onkin yksi kapea kaista sähkömagneettista säteilyä. Valo on sähköä, valo magnetismia, mutta sähkömagneettisia aaltoja on paljon muitakin. Radioaallot, mikroaallot, infrapuna-aallot, ultraviolettiaallot, ionisoivat röntgen- ja gammasäteet kaikki tottelevat sähkömagneetiikan lakeja.

Mikä valtava määrä sovellutuksia sähkömagneetisillä ja siis magneettisuudella onkaan! Radioaallot kuljettavat tietoa matkapuhelimesta tukiaseman kautta toiseen, tuovat yleisradiolähetykset vastaanottiin, heijastuvat kohteista ja varoittavat tutkassa vastaantulevasta laivasta, mikroaallot lämmittävät ruokaa, radiometreillä mitataan satelliiteista ympäristön tilaa, infrapunasäätimellä ohjataan erilaisia laitteita, röntgensäteitä käytetään lääketieteellisessä kuvantamisessa ja vielä, vielä paljon enemmän.

Käytännön sovellusten lisäksi sähkömagneettisia aaltoja voidaan käyttää ja käytetään hyväksi radiotieteessä. Siitä on vaikuttavana esimerkkinä radioastronomia. Radioastronomi mittaa taivaalta tulevaa radiosäteilyä. Koska radioaallot värähtelevät eri taajuudella ja niiden aallonpituus on erilainen kuin valoaltojen, kertovat radioastronomian havainnot valtavan paljon eri asioita kuin mitä saadaan näkyvän valon alueella toimivilla optisilla teleskoopeilla. Erityisesti ne kertovat uskomattomia asioita kaukaisesta maailmankaikkeudesta. Jo 1960-luvulla radioastronomit löysivät syvältä taivaalta monia maailmankuvaamme järjestyttäneitä kohteita ja ilmiöitä, kuten kosmisina majakoina toimivat pulsarit, järjettömän kaukaiset leiskuvat kvasaarit ja maailmankaikkeuden syntyhetkistä kertovan heikon mikroaaltosäteilyn. Radiosilmillä näkee enemmän.

Maailma on ihmeellinen. Siitä voi kuitenkin paljon ymmärtää. Muista se, kun seuraavan kerran leikit jääkaappimagneetilla.



KIRJOITTAJA

SÄHKÖTEKNIIKAN TOHTORI
ARI SIHVOLA ON
AALTO YLIOPISTON
ELEKTROMAGNETIIKAN
PROFESSORI

