

## Elektrodynamiikka, kevät 2004 ”Harrastustehtäviä”

Seuraavista tehtävistä saadut pisteet (maksimi 4/tehtävä, kolmannelta 5) lasketaan yhteen tavallisista laskuharjoituksista saatujen pisteiden kanssa. Laskuharjoitushyvitystä määritettäessä vertailulukuna on viisi kuudesosaa tavallisten harjoitusten maksimisummasta. Harrastuneisuus siis palkitaan. Vastaukset on palautettava huhtikuun loppuun mennessä luennoitsijalle. Tehtävissä ei tarvita raskasta laskentaa.

1. Polarisoituvuus on mielekäs käsite myös makroskooppisille kappaleille:  $\mathbf{p} = \epsilon_0 \bar{\alpha} \cdot \mathbf{E}$ , missä  $\mathbf{E}$  on ulkoinen homogeeninen sähkökenttä ja  $\mathbf{p}$  kappaleeseen indusoituva dipolimomentti. Eräissä tapauksissa polarisoituvuus  $\bar{\alpha}$  on skalaari, mutta yleensä se on tensori (matriisi).
  - a) Ellipsoidi on geometrisesti yksinkertainen kappale. Perustele, että senkin polarisoituvuus on tensori, vaikka ellipsoidi olisi homogeeninen.
  - b) Platoniset monitahokkaat ovat tetraedri, kuutio, oktaedri, ikosaedri ja dodekaedri. Selvitä itsellesi, miltä ne näyttävät ja osoita ilman hankalia laskuja, että niiden polarisoituvuudet ovat skalaareja homogeenisten kappaleiden tapauksessa.
  - c) Verrataan platonisten monitahokkaiden polarisoituvuutta samasta homogeenisestä aineesta valmistettuun palloon, jolla on sama tilavuus. Esitä perusteltu arvaus polarisoituvuuksien suhteelliselle suuruudelle.
2. Kirjallisuustehtävä:
  - a) Selvitä fluxgate-magnetometrin toimintaperiaate. Kyseinen laite on yleisesti käytössä esimerkiksi geomagneettisilla havaintoasemilla.
  - b) Selvitä protonimagnetometrin toimintaperiaate.

3. Lokakuun lopussa 2003 riehui yksi kaikkien aikojen voimakkaimmista magneettisista myrskyistä. Pohjois-Euroopassa toimiva IMAGE-magnetometriverkko mittasi 30.10. klo 20:03:30 UT taulukon mukaisia lukemia, joista on poistettu maapallon peruskenttä. Näin määritetty vaihtelukenttä on peräisin ionosfäärivirroista.
- a) Arvioi havaintoalueen ylittäneen ionosfäärivirran suuruus, suunta ja alue, jossa virrantiheys oli suurin. Voit olettaa, että virrat olivat horisontaalisia, kulkivat 100 km korkeudella ja olivat tasavirtoja. Piirrä horisontaaliset kenttävektorit kartalle ja päättele virran suunta niiden avulla. Kentän  $z$ -komponentti antaa lisävihjettä virran sijainnista.
- b) Tarkemmassa arviossa olisi otettava huomioon, että ionosfääriperäinen magneettikentän vaihtelu on kvasistaattista. Tämän vuoksi sähköä johtavassa maasakin kulkee indusoituneita virtoja. Millä tavalla a-kohdan arviota ionosfäärivirtojen suuruudesta pitäisi muuttaa?
- c) Voidaanko pelkillä maanpinnan magneettikenttähavainnoilla määrittää ionosfäärin virrat yksikäsitteisesti?

lat.	long.	$B_x$	$B_y$	$B_z$
58.26	26.46	-1105.4	375.6	-891.5
60.50	24.65	-2515.9	682.1	-1469.8
62.07	9.12	-2531.7	388.8	-412.0
62.30	26.65	-3051.1	855.0	-1364.8
64.52	27.23	-4388.5	1334.7	-616.1
64.94	10.98	-3462.3	292.5	1159.2
66.90	24.08	-3183.9	935.9	1024.3
67.37	26.63	-2961.4	1112.2	1098.5
68.02	23.53	-2734.9	771.0	1592.9
68.13	13.55	-1907.6	-413.6	1659.4
68.56	27.29	-2463.8	1565.0	1193.1
69.02	20.79	-2021.0	308.6	1744.2
69.30	16.03	-2014.5	-358.4	2547.9
69.46	23.70	-1923.3	777.5	1981.9
69.66	18.94	-1971.5	-194.8	1846.1
69.76	27.01	-1955.0	1437.5	1470.3
70.54	22.22	-1642.6	384.7	2040.1

Maantieteelliset leveys- ja pituuspiirit on ilmoitettu asteina. Magneettikentän komponentit:  $B_x$  maantieteelliseen pohjoiseen,  $B_y$  itään,  $B_z$  pystysuoraan alas. Kentän yksikkö on nT.

Kartan voi hakea osoitteesta <http://www.geo.fmi.fi/image/>