

TEKSTIOSA

4.11.2005

AMMATTIKORKEAKOULUJEN TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN VALINTAKOE

YLEISOHJEITA

Valintakoe on kaksiosainen:

- 1) Lue huolellisesti artikkeli "Saako salama potkua avaruudesta?". Lukuaikaa on 20 minuuttia. Voit tehdä merkintöjä tekstiosan sivuille.
- 2) Ennen tehtävien suorittamista tekstiosa kerätään pois. Tämän jälkeen jaetaan artikkeliin liittyvät tehtävät (osio 1 vastausosassa) ja tehtäväosa, jossa on matematiikan, loogisen päättelyn ja fysiikan/kemian tehtävät (osio 2). Aikaa molempien osioiden tehtävien tekoon on yhteensä 2 h 45 min.

ÄLÄ KÄÄNNÄ SIVUA ENNEN KUIN VALVOJA ANTAA LUVAN!

Leena Tähtinen

Saako salama potkua avaruudesta?

Sähkövirta on niin voimakas, että ilma kuumenee yhtäkkiä kymmeniin tuhansiin asteisiin. Pääsalaman etenemisnopeus ylöspäin on noin kolmannes valonnopeudesta.

Missään nimessä ukkosella ei kannata pitää sadetta puun alla. Sateenvarjoakaan ei kannata avata. Esimerkiksi komea kuusi on hyvä salaman sieppaaja, sillä sen kärki on terävä ja kuoren nilakerros johtaa hyvin sähköä. Salama tappaakin joka vuosi pellon ainoan puun alta suojaa hakevia kotieläimiä, joskus jopa ihmisen.

Onneksi ukkosen kuitenkin huomaa tarkkailemalla pilviä, sillä salama ei todellisuudessa iske täysin kirkkaalta taivaalta.

Ilma sähköistyy jääkiteistä

Kuuropilvestä kehittyy ukkospilvi, kun kostea ja lämmin ilma nousee ylös ja jäähtyy nopeasti. Pilven yläosan vesihöyry muuttuu jääkiteiksi. Jatkuva pystyvirtaus paiskaa pilven alaosan vesipisarat, jotka muuttuvat matkalla lumihutaleiksi, jääkiteitä vasten. Lumihutaleet ja jääkiteet vaihtavat elektroneita ja pilvi sähköistyy.

Olen oppinut Suomen ainoalta ukkostutkijalta, Ilmatieteen laitoksen tutkimuspäällikkö **Tapio Tuomelta**, että jääkiteiden ja lumihutaleiden törmäystä pidetään tärkeimpänä tekijänä ukkospilven sähköistymisessä. Sitä ei kuitenkaan osata vielä selittää, miten kasvava lumirae ja jääkide vaihtavat varausta.

Pilvi varautuu positiivisesti ylhäältä ja negatiivisesti keskeltä, sillä negatiivisiksi muuttuneet lumihutaleet ovat pikkiriikkisiä jääkiteitä raskaampia ja vajoavat alas. Maata lähinnä oleva negatiivinen varaus saa maankamaran – myös korkeat puut ja rakennukset – positiivisiksi.

Ukkospilven synnyn kannalta tärkeitä ovat myös ilmakehän pystyvirtaukset, joita muodostuu pääasiassa kahdella tavalla. Pystyvirtaus voi syntyä esimerkiksi silloin kun Aurinko lämmittää ilmaa voimakkaasti – silloin saadaan lämpöukkosia. Niitä esiintyy etupäässä kesäiltapäivisin tropiikissa.

Suomessa ukkoset ovat yleensä rintamaukkosia, joissa kylmä ilmarintama kiilautuu lämpimän ja kostean ilman alle. Näin lämmin ilma nousee ylös. Rintamaukkonen voi syntyä päivällä tai yöllä. Se ei myöskään ole pelkästään hellepäivien riesa.

Salama iskee pilvestä ja maasta

Kun pilveen on kertynyt tarpeeksi varausta, ilma lakkaa toimimasta eristeenä ja syntyy purkauksia. Salamana purkautuva jännite muodostuu sekä pilven sisällä olevien positiivisten ja negatiivisten varausten että pilven ja maankamaran välille.

Salama voi leiskahtaa myös pilvestä pilveen. Tämä on itse asiassa yleisin salamatyyppi, sillä vain noin joka neljäs salamapurkaus iskeytyy maahan.

Maahankaan leimahtava salama ei silti etene suoraan pilvestä alas. Ukkospilvestä lähtee kylläkin esisalama, joka etenee maanpintaa kohti aukoen purkauskanavaa, jossa elektronit etenevät vapaasti sähköä johtaen. Noin sadan metrin päässä maasta sähkökenttä on tarpeeksi voimakas läpilyöntiin. Silloin maasta lähtee vastasalama, joka yhtyy esisalamaan ja purkauskanava aukenee maanpinnalle asti.

Avautuneeseen purkauskanavaan syöksyy heti yksi tai useampi pääsalama. Sähkövirta on niin voimakas, että ilma kuumenee yhtäkkiä kymmeneen tuhansiin asteisiin – siis monta kertaa Auringon pintaa kuumemmaksi. Kuuma kaasu hehkuu muun muassa näkyvää valoa ja laajenee rajusti yli äänen nopeudella. Pääsalaman etenemisnopeus ylöspäin on noin kolmannes valonnopeudesta!

Silloin kun varausta riittää, purkauskanavaan syöksyy uusi lasti elektroneja. Ne muodostavat niin sanotun 'nuolisalaman'.

Jos kanava on pysynyt auki, nuolisalama etenee Maahan asti ja kanavaan syöksyy uusi pääsalama. Siinä tapauksessa että kanavan pää on ehtinyt sulkeutua, nuolisalama muuttuu siihen törmätessään askeltavaksi esisalamaksi ja avaa kanavan alaosan uudestaan.

Hidastuva kaasu jylisee

Salamanvälähdys näkyy käytännöllisesti katsoen välittömästi. Etenehän valo 300000 kilometriä sekunnissa. Jyrinä, joka syntyy kumentuneen ja laajenevan purkauskanavan kaasun hidastuttua, kuuluu paljon myöhemmin, sillä se matkaa vain 300 metriä sekunnissa.

Jos salama osuu oikein lähelle, valo sokaisee ja ääni muistuttaa räjähdystä. Kauempana riehuva ukkonen kumisee pidempään, sillä kilometrien pituisen salamakanavan eri kohdista tuleva ääni osuu korviimme hieman eri aikaan.

Ääneltä kilometrin taittamiseen kuluu siis noin kolme sekuntia. Niinpä me pelkurit laskemme: välähdys, yksi, kaksi, kolme, neljä, viisi, kuusi, seitsemän, kahdeksan, yhdeksän. Hyvä, se on vielä kolmen kilometrin päässä.

Tyypillinen ukkosrintama on parinkymmenen kilometrin levyinen ja satojen kilometrien pituinen. Se koostuu eri vaiheissa olevista ukkossoluista. Taivasta halkovissa ukkosissa riittää laskemista, sillä koko näytelmä voi kestää tapauksesta riippuen puolesta kahteen tuntiin. Suurempien ukkosalueiden elinaika voi olla jopa useita tunteja.

Raketilla pilveen

Ukkonen alkaa siis, kun ilmakehän pystyvirtaukset kuljettavat kostea ilmaa ylös ja pilvi varautuu tarpeeksi johtaakseen sähköä ilman halki. Tämähän kuulostaa selvältä.

Joseph Dwyerin mukaan ongelma on kuitenkin siinä, että ukkospilvessä ei näytä olevan tarpeeksi suurta sähkökenttää salaman synnyttämiseksi.

Ukkospilvien sisällä olevia kenttiä on nimittäin mitattu kymmenien vuosien ajan ilmapalloista, raketeista ja lentokoneista, eikä suuria kenttiä ole löytynyt.

Tutkijat ovat ehdottaneet kahta ratkaisua 'heikon kentän ongelmaan', Ensimmäisen selityksen mukaan pilvessä on suuria, mutta hyvin paikallisia kenttiä, joita ei ole onnistuttu mittaamaan. Toinen selitys perustuu siihen, että purkautumiseen tarvittavan sähkökentän voimakkuus laskee, jos paikalla on sadetta tai jääkiteitä, kuten ukkospilvessä.

Kumpikaan ratkaisu ei kuitenkaan tyydytä tutkijoita, sillä ensimmäistä selitystä ei voida tarkistaa havainnoin ja toinen ei riitä laskemaan sähkökenttää tarpeeksi.

Elektronivyörystä selitysvoimaa

Jos ukkospilven sisällä liikkuvat elektronit olisivat erittäin nopeita (niiden nopeuden pitäisi olla vähintään kaksi prosenttia valon nopeudesta), ne voisivat törmätessään pilven molekyyleihin irrottaa uusia nopeita elektroneita, jotka puolestaan irrottaisivat uusia ja niin edelleen. Elektronit kiihtyisivät pilven sähkökentässä. Lopulta ne saattaisivat kulkea lähes valon nopeutta aiheuttaen salaman vaatiman läpilyönnin. Tällainen 'elektronivyöry' saattaisi laukaista salamoinnin.

Mutta mistä nopeat 'siemenelektronit' olisivat peräisin? Ne voisivat syntyä esimerkiksi Auringosta tai supernovista peräisin olevien hiukkasten iskeytyessä ilmakehään ukkospilven kohdalla. Tällä tavalla syntyisi kiihtyvään tahtiin etenevä elektronivyöry jo sellaisissa pienissä sähkökentissä, joita ukkospilvissä on havaittu. Tätä selitystä, jonka venäläinen **Alexander Gurevich** kumppaneineen kehitti, nimitetään RREA:ksi (*Relativistic Runaway Electron Avalanche*).

Idea voidaan testata, sillä perinteisissä salamapurkausselityksissä korkeaenergisin säteily on ultraviolettisäteilyä. Jos purkaukseen liittyy elektronivyöry, syntyy myös röntgen- ja gammasäteilyä. Juuri elektronivyöryn lisäksi tutkijat eivät toistaiseksi tunne mitään muuta ilmiötä, joka voisi salaman yhteydessä tuottaa röntgensäteilyä.

Röntgensäteilyä, mutta mistä?

Dwyer muistuttaa artikkelissaan, että jos RREA-teoria pitää paikkansa, ukkoseen johtavat siemenelektronit voivat olla peräisin myös Auringon hiukkaspurkauksista. Ukkosta pelkäävän olisi siis seurattava Auringon aktiivisuusjaksoa. Sehän sanelee, kuinka tiuhaan tähtemme syytää hiukkasia avaruuteen ja kuinka paljon niitä osuu tännekin.

Olisi siis mielenkiintoista tietää, pitääkö RREA paikkansa vai ei. Röntgensäteilyä ei kuitenkaan ole helppo havaita, sillä se imeytyy ilmakehään jo muutaman sadan metrin matkalla. Ensimmäiset viitteet siitä, että ukkosella syntyy silloin tällöin röntgensäteitä, saatiin 1980-luvulla ukkospilviin lennätetyistä palloista. Säteily liittyi kuitenkin pilven sisällä olevaan sähkökenttään.

Nelisen vuotta sitten havaittiin itse salamointiin liittyvää suurienergistä säteilyä, ja nyt Dwyerin tutkimusryhmä on havainnut röntgensäteilyä säännöllisesti sekä keino-tekoisista että luonnon salamapurkauksista. Yllättävää kyllä havainnot eivät tue RREA-teoriaa sellaisenaan.

Röntgensäteilyä syntyy. Jonkinlaisia elektronivyöryjä siis tapahtuu, mutta niiden tuottamalla säteilyllä ei ole RREA-teorian ennustamaa energiaa. Lisäksi kaikki havainnot röntgensäteilystä ovat läheltä Maata. Näyttääkin siltä, että elektronivyöryt kertovat, miten salama polveilee ja haaraantuu.

Lisäksi röntgenhavainnot viittaavat siihen, että ukkoseen liittyisi sittenkin huomattavasti odotettua voimakkaampia sähkökenttiä. Toisaalta röntgenhavainnoja ei ole paljon, joten tilanne elää. Dwyer kertoo *Scientific Americanissa*, että lähes jokainen röntgensädemittaus tuo uutta tietoa ukkosesta. Ehkä Kaliforniaan parhaillaan rakennettavat röntgenilmaisimet opettavat meille lisää.

Faraday otti yleisönsä

Salamoinnin vaarallisuus ei kuitenkaan riipu siitä, mitä me niiden alkuperästä ajattelemme. Ukkoseen on joka tapauksessa syytä suhtautua kunnioittavasti.

Nauttikaamme ukon ilman kauneudesta esimerkiksi autossa, joka on niin sanottu Faradayn häkki. **Michael Faraday** osoitti nimittäin jo 1800-luvulla, että metallihäkki suojaa sähköiskulta. Faraday demonstroi ideaansa sulkeutumalla häkkiin, johon hänen avustajansa johtivat sähköä. Yleisö oli aidon hämmästynyt, kun Faraday selvisi kokeesta hengissä.

Rehellisesti sanoen, Faradayn häkki tai ei, minä lasken salaman ja jyrähdyksen väliä autossakin!

(Tähdet ja avaruus 5/2005)

VALINTATEHTÄVÄ

Vastaa seuraaviin tehtäviin valitsemalla vaihtoehto (rasti ruutuun)

OIKEIN, jos väite on tekstin mukainen

VÄÄRIN, jos väite ei ole tekstin mukainen

Arvostelu: 5 oikein 1 p, 6 oikein 2 p, 7 oikein 3 p, 8 oikein 4 p, 9 oikein 5 p, 10 oikein 6 p, 11 oikein 7 p, 12 oikein 8 p.

		OIKEIN	VÄÄRIN
1.	Ukkospilven kehittymisen edellytys on, että kostea ilma nousee ylös ja jäähtyy niin paljon, että vesihöyry muuttuu jääkiteiksi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Se, että ukkospilvi varautuu positiivisesti ylhäältä ja negatiivisesti keskeltä, selittyy sillä, että törmäyksissä negatiivisen sähkövarauksen saaneet jääkiteet vajoavat nopeammin alas kuin lumihiutalet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Koska ukkospilven negatiivisesti varautuneet osat ovat lähempänä maata kuin sen positiivinen yläosa, saa maankamara – myös korkeat puut ja rakennukset – positiivisen varauksen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Tropiikissa yleinen lämpöukkonen liittyy pystyvirtaukseen, joka syntyy auringon lämmittäessä ilmaa voimakkaasti.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Rintamaukkonen syntyy, kun lämmin ilmarintama nostaa viileän ja kostean ilman ylös, jolloin kostean ilman sisältämä vesihöyry jäähtyy riittävästi muuttuakseen jääkiteiksi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Pilvestä pilveen leiskahtava salama on todennäköisempi kuin pilven sisäiset salamamat ja maahan iskevät salamamat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Salamaan liittyvä ääni, joka lähellä muistuttaa räjähdystä ja joka kauempana kuullaan jyrinänä, syntyy, kun pilvestä kohti maata lähtenyt esisalama ja maasta nouseva vastasalama törmäävät toisiinsa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Vaikka ukkospilvien sisältä mitatut sähkökentät eivät olekaan niin voimakkaita, että ne aiheuttaisivat salamapurkauksen, salamoinnin selittää se, että purkautumiseen riittää heikompiakin sähkökenttä, jos paikalla on sadetta ja jääkiteitä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Jotta ukkospilven sisällä liikkuvat elektronit voisivat törmätessään pilven molekyyliin irrottaa uusia nopeita elektroneita, niiden nopeuden pitää olla vähintään kolmannes valon nopeudesta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	RREA-teorian (<i>Relativistic Runaway Electron Avalanche</i>) mukaan auringosta tai supernovista peräisin oleva röntgensäteily vauhdittaa ukkospilven sisällä liikkuvia elektroneja, jotka lopulta kulkevat lähes valon nopeutta aiheuttaen salaman vaatiman läpilyönnin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Ukkoseen liittyvää röntgensäteilyä ei ole helppo havaita, sillä se imeytyy ilmakehään jo muutaman sadan metrin matkalla.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Michael Faraday osoitti jo 1800-luvulla metallihäkin suojaavan vaikutuksen, kun hän sulkeutui ukonilmalla metallihäkkiin, johon salama iski, mutta hän säilyi vahingoittumattomana.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>