

LUKIJALLE

On selkeä, pimeä yö. Kuukaan ei häiritse kumotuksellaan tähtitaivaan tarkkailijaa. Tähdet tuikkivat rauhallisesti. Mitään yllättävää tuskin tapahtuu... Vaan äkkiarvaamatta taivaankannen leikkaa kirkas valojuova, tähdenlento, leimahtaen lentonsa päätteeksi kirkkaaksi kuin Venus parhaimmillaan. Tapahtuma on ohi vajaassa sekunnissa. Kyseessä oli siis tähdenlento, lentotähti eli meteori. Kaikki tähdet ovat tosin edelleen paikoillaan, mutta varsin osuvasti on kansa tuon ilmiön nimennyt.

Tämän kädessäsi olevan vihkosen tarkoituksena on kertoa meteoreista, kansanomaisemmin tähdenlennoista, ja niiden havaintomenetelmistä. Näiden havaintomenetelmien tarkoituksena on saada vertailukelpoinen ja kansainvälisesti yhtenäinen havaintoaineisto. Kaikki suomalaiset havainnot pyritään lähettämään Saksaan, jossa kansainvälisestä havaintojen tilastoimisesta ja analysoinnista vastaa 'International Meteor Organization', lyhyesti IMO. Käyttämämme havaintomenetelmät ovat kansainvälisten standardien mukaiset ja havaintomme ovat siten vertailukelpoisia ulkomaisten kollegoidemme havaintojen kanssa.

Oppaan alusta löytyy perusopas, joka on suunnattu aloitteleville meteoriharrastajille. Tähän on kiteytty harrasteen perusteita, jottei kynnys havaintojen aloittamiseen olisi niin korkea.

Meteorijaostossa havainnointi keskittyy aktiivisimpiin meteoriparviin. Yhden vuoden aikana tehokasta havaintoaikaa kertyy yhteensä n. 50-200 tuntia, jonka aikana havaitaan 1000-2000 meteoria. Runsaimmiten havaintoja kertyy elokuulta. Havaituimmat parvet ovat kvadrantidit tammikuussa, perseidit elokuussa ja geminidit joulukuussa.

Havaintolomakenipun lisäksi meteorien havaitseminen tarjoaa myös esteettisiä kokemuksia, joita ei sovi tässäkin yhteydessä unohtaa. Joidenkin todella runsaiden tähdenlentoparviin aikana voidaankin yötaivaalla nähdä yksi hienoimmista luonnonnäytelmistä.

Antoisia hetkiä meteorien parissa!

Ursa/Meteorijaosto

I PERUSOPAS

1.1. HAVAITSEMISEEN LIITTYEN

Havaitseminen ei ole mikään haudanvakava asia ja aloittelevan havaitsijan ei kannatakaan pelästyä monimutkaista havaintolomakkeen täyttöä. Havaintojen tekeminen tulee ajoittaa omien resurssien ja voimavarojensa mukaan.

1.2 HAVAINTOJEN VALMISTELU

Ennen varsinaisten meteorihavaintojen aloittamista on hyvä tutustua tähtitaivaan syövereihin ja ihastella tähdenlentoja ilman tieteellisiä tarkoituspäriä. Ota muutamana yönä, vaikka jonkin aktiivisen meteoriparven ollessa aktiivinen, tuntumaa meteorihavaintoihin viettämällä pari tuntia avoimen taivaan alla ja tähystellen mahdollisia tähdenlentoja. Myöhemmin voi sitten lähteä tosi mielellä tekemään havaintoja. Taivaalta kannattaa valita useita tähtiä, joiden kirkkauden tarkasti tunnet tähtikarttojen perusteella, meteorien kirkkauden määrittämistä varten. Meteorin kirkkauden määrittäminen on havainnoissa olennaisin osa myöhempää tarkastelua ajatellen. Muutamana yönä on hyvä hioa myös rajasuuruusluokan ja peitteisyyden arvioimisen taitoa. Tee havaitessasi olosi mahdollisimman mukavaksi, eli pehmeä makuualusta ja kuppi kuumaa. Etukäteen voi harjoitella meteorien piirtämistä oppaan liiteosasta löytyville kartoille.

1.3. MILLOIN HAVAITA?

Suomessa valoisat kesäyöt estävät havaintojen teon toukokuun alusta elokuun alkuun, jolloin eteläisimmässäkin Suomessa taivas on aivan liian vaalea havaintojen tekoa varten. Aloitteleville havaitsijoille syksyllä näkyvät perseidit ja geminidit ovat hyviä parvia. Tähdenlentoja näkyy runsaasti ja havaitsija harjaantuu arvioimaan meteorien kirkkauden luotettavasti. Myöhemmin havaintoja voi periaatteessa tehdä joka yö, milloin vain on riittävän selkeää ja taivas ei ole häiritsevän utuinen. Havaita kannattaa erityisesti uudenkuun aikaan ja havainnot onnistuvat vielä ensimmäisen neljänneksen aikaan jos Kuu ei nouse kovin korkealle. Talvella täysikuun aikaan luotettavien havaintojen tekeminen on vaikeaa, koska valkoisista hangista heijastuva Kuun valo pahentaa tilannetta. Parasta meteorihavaintojen aikaa onkin alkusyksy, jolloin yötkin ovat vielä kohtuullisen lämpimiä.

1.4. HAVAINTOPAIKKA

Rauhallista ja riittävän pimeää havaintopaikkaa voi olla todella vaikea löytää. Havaintopaikan etsintään kannattaakin uhrata aikaa, sillä huono havaintopaikka tai kehnot kulkuyhteydet voivat nostaa havaintokynnyksen liian korkeaksi. Havaintojen tekoon tarvitaan mahdollisimman pimeä paikka ja myös esteetön näköala. Niinpä havaintopaikka harvemmin löytyy kotipihaltasi. Suurista kaupungeista täytyy usein paeta yli 10 km:n etäisyydelle valoisuuden vuoksi. Silmä sopeutuu pimeään noin 20 minuutissa ja hämäränäkö paranee edelleen, jos pimeässä oloa jatketaan.

Hyviä havaintopaikkoja ovat tavallisesti korkeat kalliot tai suuret pellot, joilta on esteetön näköala. Toisaalta havaintopaikka saisi olla suojassa tuulelta, koska talvella 10 asteen pakkasen ja 5 m/s tuuli vastaa hyvinkin 15 pakkasastetta. Alavilla alueilla

havaittsijaa ja varsinkin valokuvaajaa vaani sumu ja kaste, joten hieman korkeammalla Sijaitsevat havaintopaikat ovat parempia. Havaintopaikkaan ja sinne johtaviin kulkureitteihin on syytä tutustua valoisan aikana, ettei joudu öisillä havaintoretkillä hankaluuksiin.

1.5. HAVAINTOVARUSTEET

Havaittsijan kannattaa tehdä olonsa mahdollisimman mukavaksi. Havaintopaikalle otettavien varusteiden määrä riippuu havaintopaikan sijainnista ja havainnon pituudesta. Jos havaintoja tekee kotipihallaan, voi tarpeen tullen käydä hakemassa jos jotain unohtui. Pitemmälle mentäessä kannattaa etukäteen miettiä mitä havaintoretkillä mahdollisesti tarvitsee. Suomen talvi on yleensä kylmä ja runsas vaatetus on aina tarpeen. Erinomaisiksi ovat osoittautuneet lämpimät haalarit ja makuupussi.

Kartaksi voi ottaa muutaman tähtikartan kopion ja sulkea ne muovitaskuihin kostumisen estämiseksi. Mukaan tulee varata myös meteorien piirroshavaintoihin tarkoitettuja karttalehtiä, jos aikoo tehdä meteoreista piirroshavaintoja. Karttoihin kannattaa jo kotona merkitä aktiivisten parvien radiantit ja rajasuuruusluokan määrittäessä käytettävät alueet. Kello on syytä tarkistaa ennen lähtöä. Digitaalinäyttöiset kellot voivat hiipua kovassa pakkasessa, vaikka kello olisi ranteessa.

Havainnot voi merkitä suoraan havaintolomakkeelle tai käyttää omaa havaintovihkoa, johon kannattaa valmiiksi merkitä tarvittavat sarakeet, jottei mitään tärkeitä tietoja jäisi merkitsemättä. Mukaan kannattaa varata monta lyijykynää. Kuivamustekynä tai tussi ei toimi pakkasessa. Havaintojen kirjaamisessa voi käyttää myös nauhuria, mutta on huolehdittava, että paristot eivät tyhjenny kylmässä kesken kaiken. Havaintojen teon kuluessa kannattaa aika ajoin tarkastaa nauhurin toiminta ja ovatko havainnot tallentuneet nauhalle. Taskulamppu lienee havaintovälineistä tärkein. Lampun tulisi olla punaista valoa näyttävä, jottei silmän hämäränäkö heikentyisi.

1.6. RYHMÄHAVAINNOT

Ryhmässä havaintoja on tietenkin paljon mukavampi tehdä kuin yksinään pimeässä avoimen taivaan alla. Jokainen havaittsija tekee kuitenkin oman havaintonsa tavalliseen tapaan, eli esimerkiksi jonkun ryhmäläisen näkemää meteoria (jota itse ei ole havainnut) ei saa merkitä havaintoihinsa. Havainnot tehdään siis aivan kuin olisi yksinään havaintokeikalla. Havaittsijat voivat halutessaan seurata samaa tai eri taivaan alaa. Taivaan rajasuuruusluokka ja peitteisyys määritellään myös itse. Ryhmässä tehtyjä havaintoja on mielenkiintoista verrata toisiinsa ja tarkastella eroavaisuuksia silmälläpitäen nähtyjen meteorien määrää, kirkkausarvioita, taivaan rajasuuruusluokkaa ja peitteisyyden määrittystä.

II TAUSTATIETOA

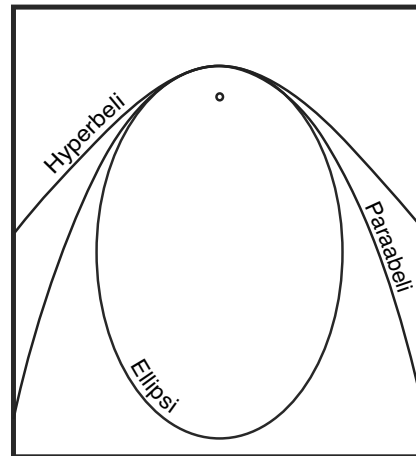
2.1. METEORI

Nimi meteori on peräisin muinaisen Kreikan kielestä ja merkitsee ”ilmassa”. Ennen 1900-lukua meteor-sanaa on usein käytetty revontulista ja monista muista ilmakehän ilmiöistä kuten sateenkaarista ja pilvimuodostelmista, jotka nykyään kuuluvat meteorologian piiriin. Kansanomaisesti meteoreja on kutsuttu tähdenlennoiksi ja tässä oppaassa käytetään myös tätä nimitystä. Ennen 1800-lukua tähdenlentojen oletettiin olevan ”maallista alkuperää” ja ajateltiin esimerkiksi, että meteoreilla olisi jotakin yhteyttä ilmakehän sähköpurkausten kanssa. Vuonna 1798 saksalaiset opiskelijat W.H. Brandes ja J.F. Benzenberg tekivät kuitenkin havainnon, joka edisti suuresti meteorien olemuksen tutkimista. He järjestivät kahdessa paikassa, joiden välimatka oli tunnettu, samanaikaisia tähdenlento havaintoja. Nämä perustuivat siihen, että havaitaan tarkasti meteorin syttymis- ja sammumispiste sekä ilmiön tapahtuma-aika. Tähdenlennon näennäisen paikan täytyy eri kohdista katsottuna olla erilainen; siinä ilmenee parallaktinen siirtyminen tähtiin nähden, josta sitten voidaan laskea meteorin syttymis- ja sammumiskorkeus, sen kulkeman radan pituus ja nopeus. Brandes ja Belzenberg tulivat odottamattomaan, mutta erittäin tärkeään tulokseen: tähdenlennot tapahtuivat paljon korkeammalla kuin aikaisemmin oli luultu, ja niiden nopeus oli huomattavasti suurempi kuin yleensä Maan pinnalla tavattavat nopeudet. Näin oli todistettu, että tähdenlentoja aiheuttavat meteoroidit ovat kosmista alkuperää eivätkä Maasta peräisin.

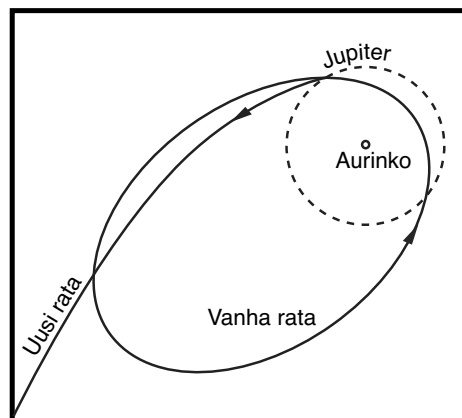
Tähdenlennon aiheuttavat Maan ilmakehään ulkoavaruudesta osuvat pienet materiahiukkaset, jotka eivät ole hiekanmurusia suurempia. Ilmakehään tullessaan hiukkaset suuren nopeutensa vuoksi kuitenkin kuumenevat ja palavat aiheuttaen maahan asti näkyvän valoilmion; tähdenlennon. Meteorit syttyvät noin 100 kilometrin korkeudessa ja sammuvat noin 25 kilometriä alempana. Lentoradan pituus voi olla kuitenkin esimerkiksi 100 km. Jos meteori on kirkkaampi kuin -4 magnitudia, kutsutaan sitä tulipalloksi. Jos meteorin aiheuttaja eli ilmakehään syöksyvä meteoroidi on riittävän kookas, se ei ehdikään palaa lentonsa aikana kokonaan, vaan osa kappaleesta putoaa maanpinnalle asti. Maanpinnalle asti pudonnutta kappaletta kutsutaan meteoriitiksi. Meteoroidi jäähtyy välittömästi, kun se on menettänyt suurimman osan liike-energiastaan, ja kappaleen putoaminen on vapaata putoamisliikettä. Useat kraaterit maanpinnalla muistuttavat meitä meteoriittien putoamisesta. Tunnetuin esimerkki lienee Barringerin kraateri Arizonassa, jonka läpimitta on noin 1.2 km ja syvyys lähes 200 metriä. Suomen Lappajärvi on myös muodostunut meteoriitin putoamisen seurauksena noin 80 miljoonaa vuotta sitten.

2.2. METEOROIDIEN ALKUPERÄ

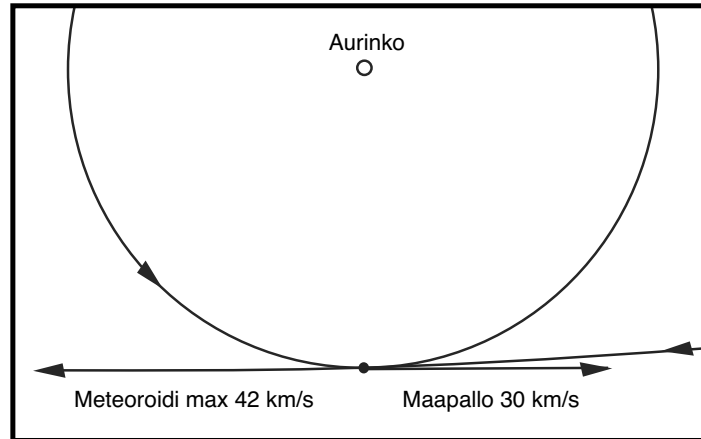
Kun nyt tiedämme mikä tähdenlento on, herää kysymys mistä meteoroidit ovat peräisin. Keplerin lakien mukaan jokainen kappale lähellä Aurinkoa liikkuu joko elliptisellä, parabolisella tai hyperbolisella radalla Auringon ympäri. Parabolinen ja hyperbolinen rata on avoin, kun taas elliptinen on suljettu. Kahdella ensin mainitulla radalla kappale voi etääntyä Auringosta rajattomasti ja näin ollen kappaleen ei tarvitse kuulua varsinaisesti aurinkokuntaamme. Jotta kappale voisi etääntyä Auringon gravitaation ulottumattomiin, se tarvitsee riittävän suuren nopeuden, joka on esim. Maan läheisyydessä noin 42 km/s. Maan ratanopeus Auringon ympäri on noin 30 km/s. Jos kappaleen nopeus on enemmän kuin 42 km/s, se on parabolisella tai hyperbolisella radalla ja eikä siis välttämättä kuulu aurinkokuntaamme pysyvästi. Nopeutta 42 km/s kutsutaan näin ollen heliosentriseksi nopeudeksi. Tarkoilla valokuvaus- ja tutkahavainnoilla on todettu, että heliosentristä nopeutta suurempi nopeus on vain alle yhdellä prosentilla kaikista Aurinkomme lähetyillä kiertävistä meteoroideista.



KUVA1. Ratatyypit.

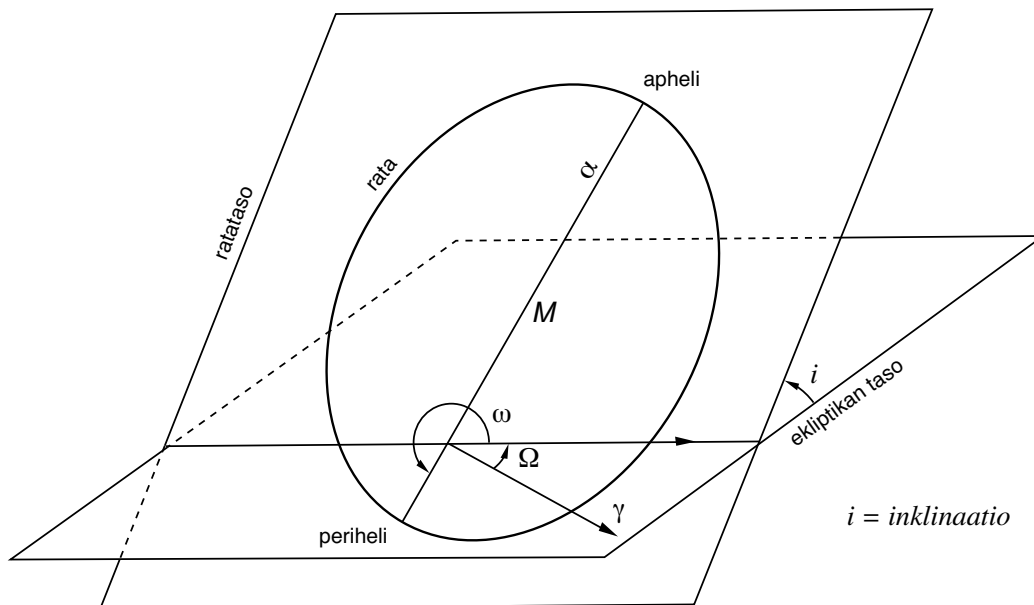


KUVA 2. Jupiterin aiheuttama ratamuutos



KUVA 3. Maksimaalinen geosentrinen nopeus

Hyperboliset radat tietävästi syntyvät suurien planeettojen vaikutuksesta; erityisesti Jupiterin ja Saturnuksen gravitaatio on riittävän suuri muuttamaan aurinkokunnassamme ellipsiratoja liikkuvien kappaleiden radat hyperbolisiksi. Kuitenkin siis voidaan sanoa, että meteoroidit kuuluvat aurinkokuntaamme. Meteoroidien nopeus on siis lähes poikkeuksetta pienempi, kuin 42 km/s ja tätä nopeutta ei pidä sekoittaa ns. geosentriseen nopeuteen. Geosentrisellä nopeudella tarkoitetaan meteoroidin nopeutta nimen omaan Maan suhteen. Maa liikkuu radallaan Auringon ympäri 30km/s ja meteoroidin heliosentrinen nopeus voi olla korkeintaan 42km/s, joten maksimaalinen nopeus, jolla ellipsiradalla kiertävä meteoroidi voi Maan ilmakehään iskeytyä, on 72km/s.

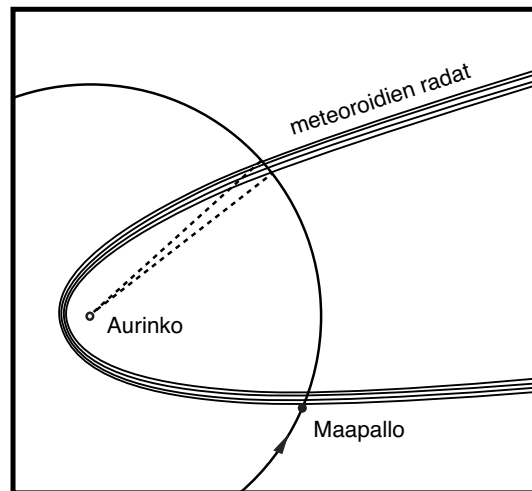


KUVA 4. Rataelementit.

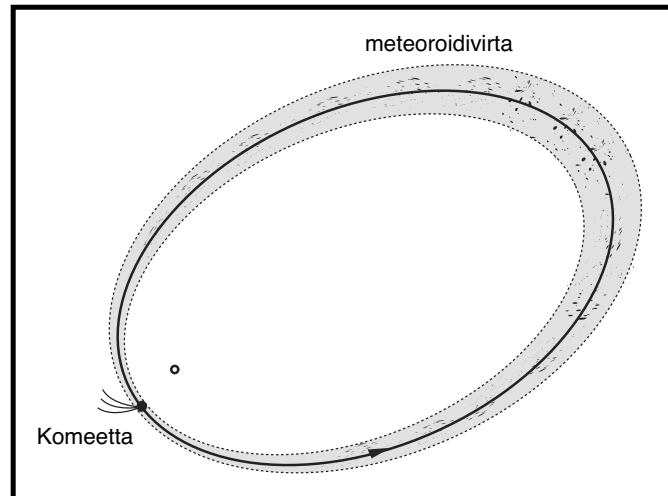
Meteorihavainnot tarjoavat uutta tietoa meteoriparvien synnystä, radoista ja meteoroidien koosta ja ne ovat suureksi avuksi parvien aktiivisuuden vaihtelun määrittämiselle ja kertovat myös hienojakoisen pölyn liikkeistä. Meteoriparvien kehittymisestä voidaan päätellä myös oman aurinkokuntamme aikaisempia kehitysvaiheita.

2.3 METEORIPARVET

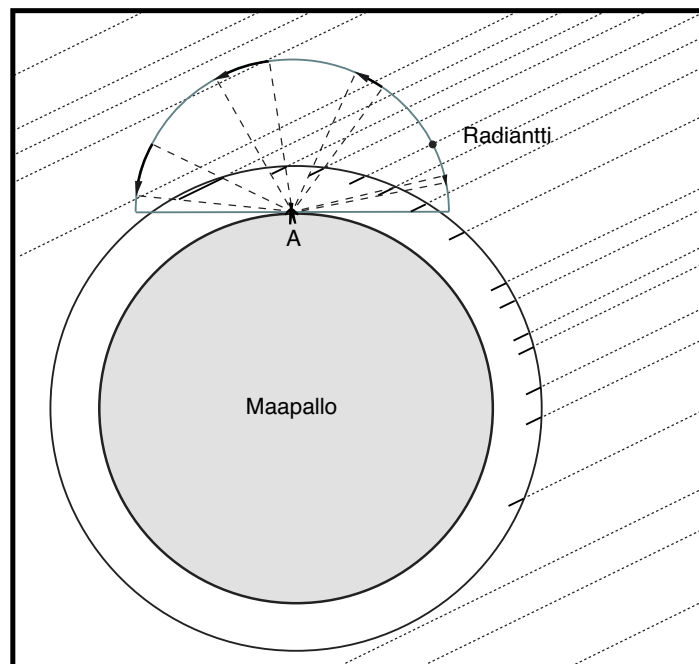
Joinakin öinä voidaan havaita huomattavasti enemmän meteoreja, kuin toisina öinä. Tavallisena yönä voi havaita noin 10 meteoria tunnissa, kun taas esim. 12/13 elokuuta saman verran meteoreja voi havaita 10 minuutissa. Tähdennuot esiintyvät siis ns. meteoriparvina, joista kukin vain tiettyyn aikaan vuodesta. Samaan parveen kuuluvat meteoroidit kiertävät myös samalla radalla Auringon ympäri ja juuri näitä parveen kuuluvia meteoreja voi havaita, kun Maan rata leikkaa parven radan. Samaan parveen kuuluvat meteorit näyttävät syttyvän tai tulevan yhdeltä ja samalta taivaan alueelta jos mielessäsi jatkat näkemäsi tähdenlentojen ratoja taaksepäin. Tämä ilmiö on perspektiivin aiheuttama aivan samalla tavalla kuin esimerkiksi suorat rautatiekiskot näyttävät yhtyvän kauempana. Parven meteorit liikkuvat kuitenkin yhdensuuntaisina radallaan, kun ne kohtaavat Maan ilmakehän.



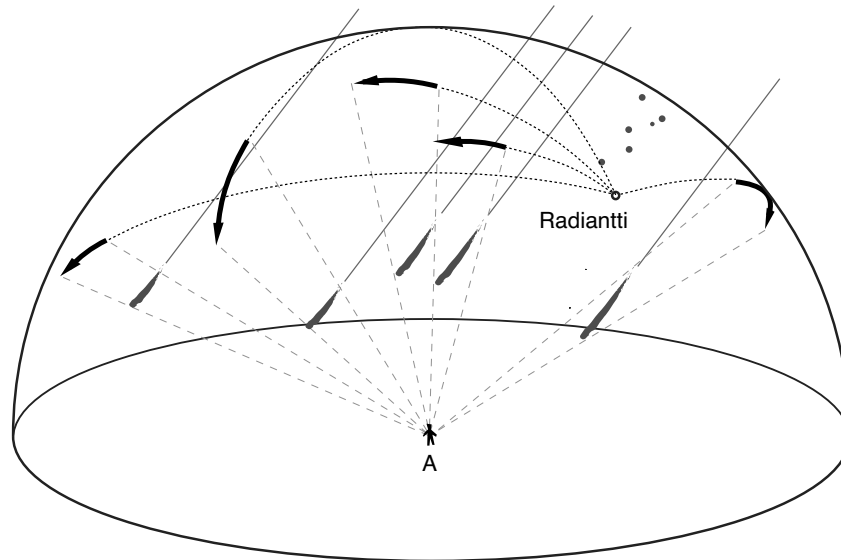
KUVA 5. Yhden meteoriparven meteoroidien ratoja avaruudessa.



KUVA 6. Komeetan radalleen jättämän pölyn jakautuminen avaruudessa.



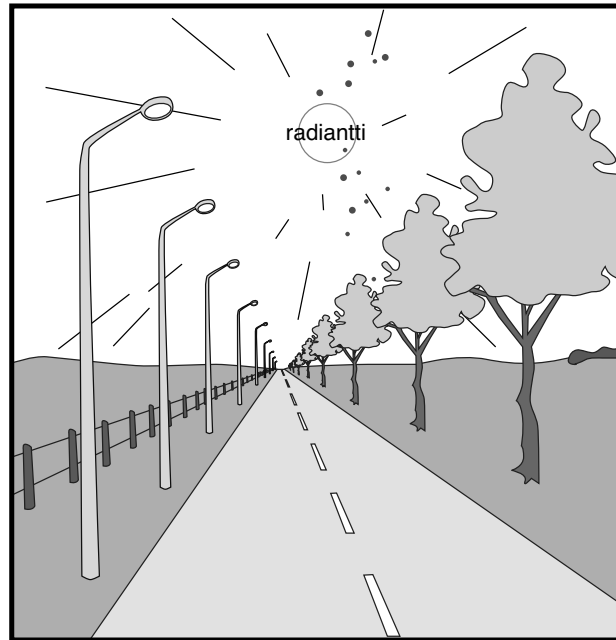
KUVA 7. Meteoroidit liikkuvat yhdensuuntaisesti kohdatessaan ilmakehän.



KUVA 8. Havaittaja A näkee meteorit tähtitaivasta vasten ja havaitsee perspektiivi-ilmiön.

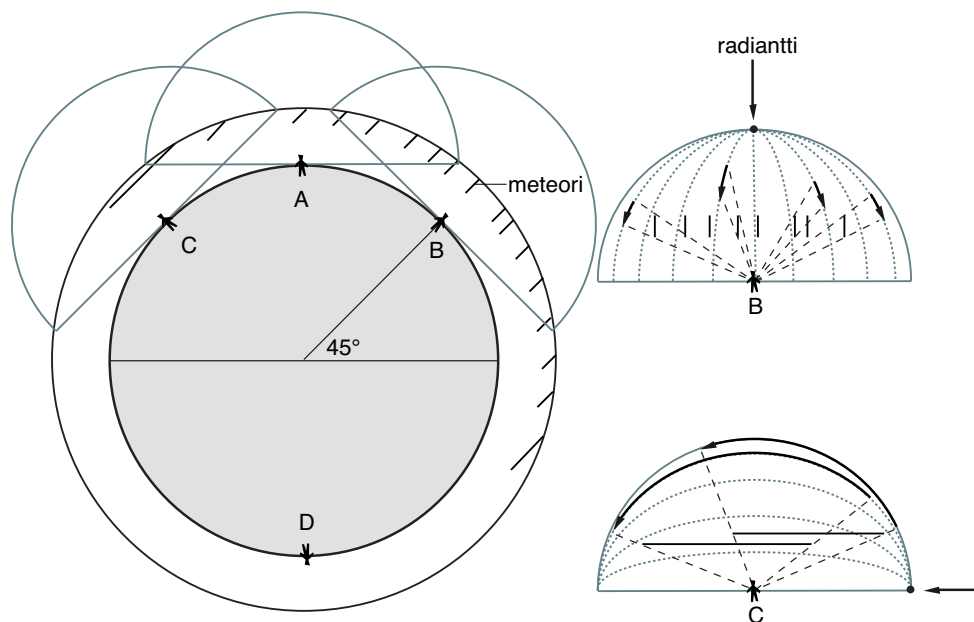
Maan halkaisija on 12000 km ja ilmakehän raja, jossa meteorit syttyvät, on noin 100 km korkeudella, joten kuvien 7 ja 8 mittakaavat ovat huomattavasti liioitellut. Taivaan alaa, josta meteorit näyttävät tulevan, kutsutaan kyseisen parven radiantiksi eli säteilypisteeksi. Kuva 7 esittää radiantin määräytyvän parven meteorien tulosuunnan mukaan. Kuva 8 esittää meteorien todellista rataa ilmakehässä, sekä niiden projektioita tähtitaivasta vasten siten kuin havaittaja A meteorit havaitsee. Kuva 9 selventää perspektiivi-ilmiötä: Tien reunat ja katulamppurivistö näyttävät kaukana yhtyvän, vaikka ne todellisuudessa ovat yhdensuuntaiset. Samoin saman parven meteorit näyttävät tulevan samasta kohtaa taivaalta; radiantista.

Radiantti ei ole pistemäinen, vaan laajempi alue, halkaisijaltaan 2-10 astetta. Suurin osa parvista on keskittynyt ekliptikalle. Parvet saattavat muodostaa useamman radiantin komplekseja, kuten akvaridit tai virginidit.



KUVA 9. Perspektiivi-ilmio.

Kuvassa 10 havaitsijalle B, joka on 45 asteen etäisyydellä pohjoisesta, kyseisen parven meteorit näyttävät tulevan zenitistä. Havaitsija C on samoin 45 asteen etäisyydellä pohjoisesta, mutta vastakkaisella puolella maapalloa. Havaitsija C näkeekin huomattavasti vähemmän parven meteoreja, koska radiantti on horisontin korkeudella. C:n havaitsemat meteorit koskettavat ilmakehää vain juuri ja juuri. Kaksitoista tuntia myöhemmin tilanne on päinvastainen, sillä Maa on ehtinyt pyöriä puoli kierrosta akselinsa ympäri. C:lle radiantti on zenitissä ja B:lle horisontissa. Havaitsija D ei pysty näkemään meteoreja lainkaan.



KUVA 10. Radiantin sijainti eri havaintopaikoista nähtynä.

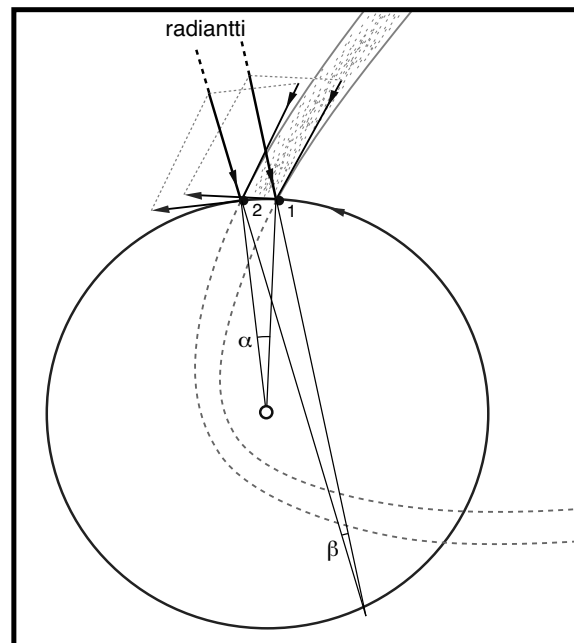
Meteoriparvet on yleensä nimetty sen tähtikuvion mukaan, jossa niiden radiantti sijaitsee. Esimerkiksi 12/13 elokuuta esiintyvän parven nimi on perseidit, koska radiantti sijaitsee Perseuksen tähtikuviossa.

2.4. METEORIPARVIEN AKTIIVISUUS

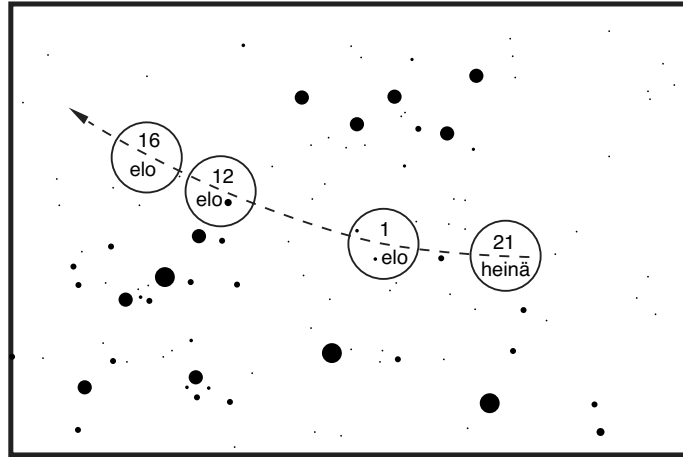
Useimpien parvien meteoreja voidaan havaita joka vuosi, mutta osa parvista on aktiivisia vain ajoittain muutamien vuosien välein. Hyvä esimerkki on leonidien tähdenlentoparvi, joka oli erittäin aktiivinen vuosina 1799, 1833, 1866 ja 1966, jolloin todellakin havaittiin mahtava meteorimyrsky. Vuosina 1899 ja 1933 havaittiin vain pieni aktiivisuus, sillä Jupiter vaikutti meteoroidien liikkeeseen niiden radalla.

Leonidien meteoriparvi näyttää olevan siis aktiivinen säännöllisesti 33 vuoden välein. "välivuosinakin" voidaan joitakin parveen kuuluvia meteoreja havaita, mutta aktiivisuus on heikko. Näyttää siis siltä, että meteoroidit ovat keskittyneet tiiviisti yhteen kohtaan, ja kun Maa lävistää hiukkasparven, havaitaan meteorimyrsky. Perseideillä hiukkaset ovat tasaisesti jakautuneet Aurinkoa kiertävälle radalleen, joten joka vuosi elokuussa havaitaan suunnilleen yhtä suuri aktiivisuus. Tammikuun alussa näkyvät kvadrantidit ovat aktiivisia vain muutaman päivän ja varsinainen maksimi kestää vain pari kolme tuntia. Tauridien tähdenlentoparvi on aktiivinen lähes kaksi kuukautta.

Useimpien parvien radiantti eli säteily piste liikkuu tähtien suhteen, mikä tulee ottaa huomioon havaintoja tehdessä, jotta voisi varmuudella tunnistaa näkemänsä meteorin kuuluvan juuri tiettyyn parveen. Radiantin liike on seurausta Maan liikkeestä Auringon suhteen. Koska Maa siis liikkuu, muuttuu myös Maan ja meteoriparven radan kohtaamiskulma. Kuvat 11 ja 12 havainnollistavat radiantin liikettä.



KUVA 11. Radiantin liike. Maan ja meteoriparven radan kohtaamiskulma muuttuu.



KUVA 12. Perseidien meteoriparven radiantin liikkuminen 21.7. – 16.8. välisenä aikana.

2.5 OUTBURST-ILMIÖT

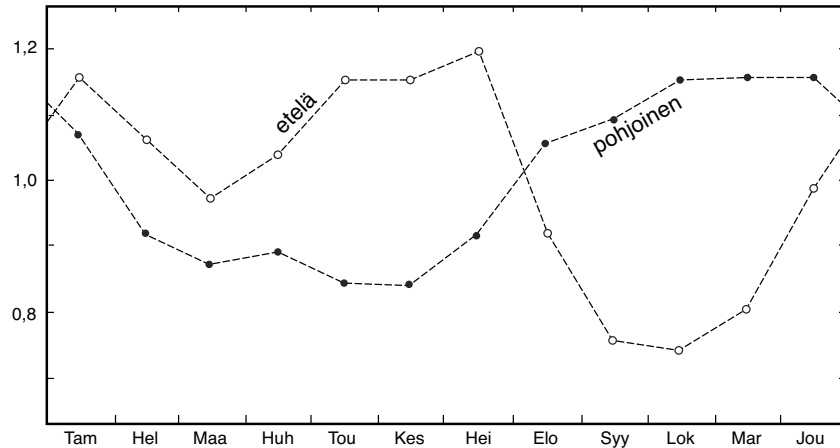
90-luvulla, perseidien ja leonidien meteoriparvien myötä tuli meteoriharrastajien piiriin ahkerasti käytetty termi ”outburstit”. Outburst-ilmioillä tarkoitetaan meteoriaktiivisuuden poikkeavaa kasvua.

Näyttävimmillään ilmiö esiintyy meteorimyrskynä, kuten leonidit tai draconidit, joissa aktiivisuus kasvaa jopa kymmeneen tähdenlentoihin minuutissa. Tavanomaisempi outbursti esiintyy aktiivisuudeltaan pienemmillä parvilla (esim. a-aurigidit ja a-monocerotidit), jolloin tähdenlentoja on havaittavissa muutamasta sataan meteoriin tunnissa.

Ilmiö syntyy meteoriparven emokomeetan radalle muodostuneesta tihentymästä. Yleensä outburstin kesto vaihtelee minuuteista kymmeneen minuutteihin. Kyseessä on harvinainen luonnonilmiö, josta kerätään jatkuvasti uutta tietoa. Outbursteja esiintyy muutaman vuoden välein ja tiedon lisääntyessä on myös niiden havaittu määrä kasvanut. Havainnot ovat siis tarpeen.

2.6. SPORADISET METEORIT

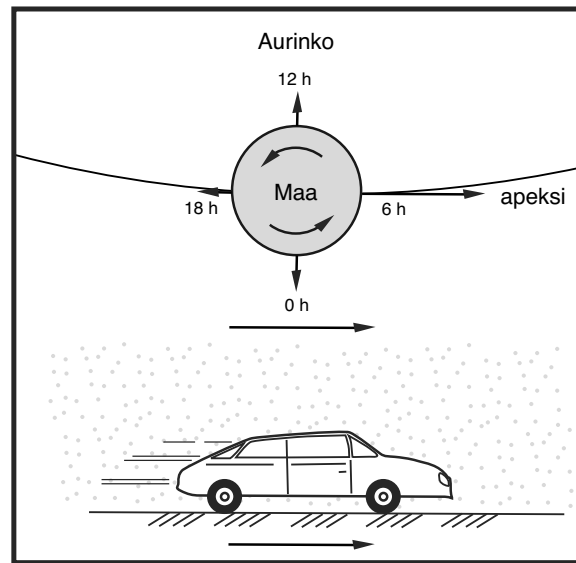
Sporadinen meteori on satunnainen meteori, jota ei lueta kuuluvaksi mihinkään meteoriparveen. Seuraavassa käsitellään mitä ne ovat, mistä tulevat, milloin niitä näkyy runsaiten, miten niitä havaitaan ja mitä hyötyä niiden havaitsemisesta on. Aktiivisuudesta näin selventäväksi tekijäksi mainittakoon, että 75 % Maahan törmäävistä meteoreista on sporadisia. Hyvissä olosuhteissa sporadisia meteoreja voi keskiverto havaitsija nähdä keskimäärin 5 -15 meteoria tunnissa vuodensajasta riippuen.



KUVA 13. Vuosittainen sporadisten meteorien määrän vaihtelu.

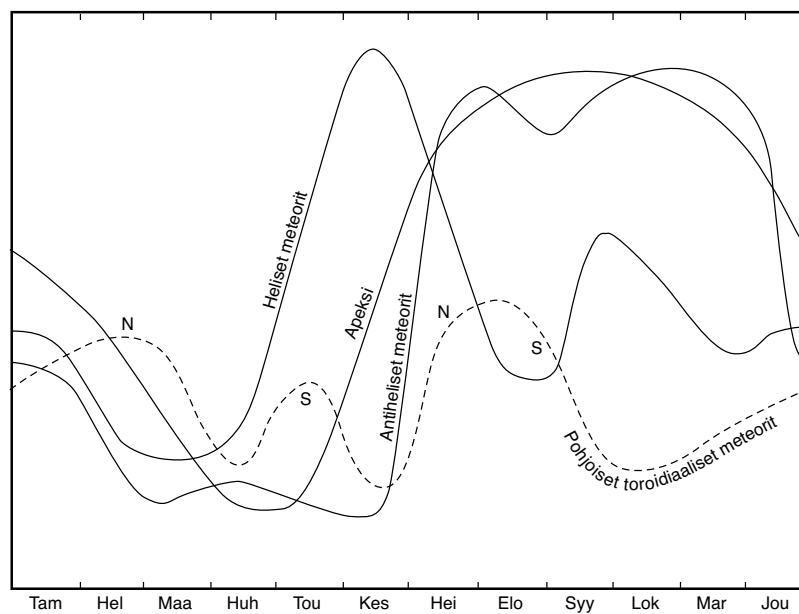
Ensinnäkin - sporadisilla meteoreillahan on erikseen omat radianttinsa, sillä lukemattomat meteoroidit ja näihin liittyvät komeettojen ja asteroidien (melko harvinaista) "virrat" leikkaavat omat ratansa maan radan kanssa ja näin maassa nähdään meteoriparvia, vaikka emme niitä paikallistaisikaan meteoriparviksi. Tuntemme meteorivirrat ovat vain siis pieni osa siitä lukuisasta meteorivirtojen määrästä. Suurin osa näistä virroista ovat niin heikkoja ja kappaleet niissä niin pieniä (mikrometeoroidien kaltaisia), että niitä on vaikea havaita. Usein esim. emo-komeetta on muuttanut rataansa vaikkapa Jupiterin gravitaatiosta johtuen, josta seuraa komeetan radan muutos hyper- tai paraboliseksi ja parven hiipuminen vuosien mittaan, koska uutta materiaa ei enää tule lisää. Seuraavassa kirjoittelenkin sporadisten radianteista, joka liittyy sporadisten meteorien vaihteluihin pohjoisilla ja eteläisillä leveysasteilla.

Eli vaikuttavimpana tekijänä on maan apeksi, eli piste jota kohti maa liikkuu kulkiessaan oman akselinsa ja auringon ympäri. Tämä piste sijaitsee tangentialisesti länteen maan ja auringon suhteen (eli n. 90 astetta) ekliptikalla ja on korkeimmillaan aamutunteinaan - tämä on merkittävä vuorokautisessa vaihtelussa, jonka ensimmäisenä huomasi Schiaparelli v.1866. Aamutunteina ekliptika on kevätpäiväntasauksen aikoina matalalla (Jousimiehen tähdistön tienoilla) - eli apeksi on tällöin matalimmillaan ja sporadisia meteoreja näkyy vähän, kun taas syksyllä tilanne on päinvastainen. Syy, miksi meteoreja tulee apeksista on yksinkertainen. Maan liikkeessä eteenpäin maahan törmää meteoroideja edestäpäin huomattavasti enemmän kuin maapallosemme "sivuille" - puhumattakaan takaapäin, tällöin kappaleen nopeus tulee olla yli maan kiertonopeuden auringon ympäri (30km/s.).



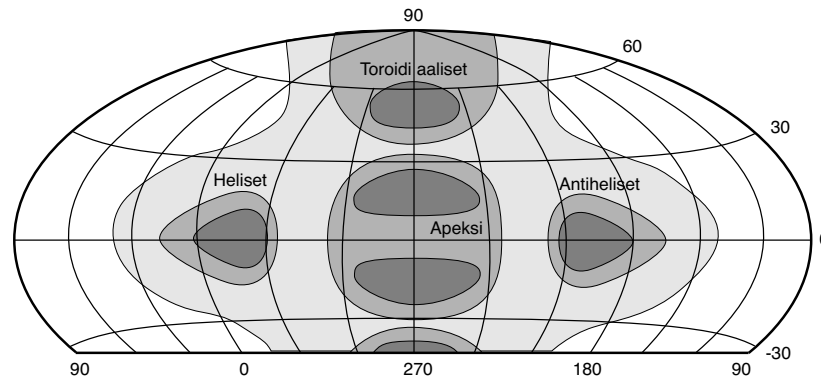
KUVA 14. Maan liike ja meteorien vuorokautinen vaihtelu

Ekliptikalla on muitakin vaikuttavia tekijöitä apeksin suhteen. Ekliptikan sporadisista meteoreista on pystytty määrittelemään radiantit apeksista 90 astetta itään ja länteen eli auringosta päin tuleville ja pois meneville meteoreille. Näitä kutsutaan heliosiksi (auringosta tuleviksi) ja antheliosiksi (aurinkoon päin meneviksi) meteoreiksi. Eli niiden radat ovat ikäänkuin kohtisuorassa maan rataa nähden. Näiden radat ovat yleensä eksentrisiä ja niillä on pieni inkliinaatio. Noin tunti keskiyön jälkeen, anthelisen radiantin kulminoidessa, on mukava ja ”helppo” seurailta radiantin tienoita, mikäli pystyisi näitä havaitsemaan (tämä yllätys, yllätys - talvipäivän seisauksen aikaan).



KUVA 15. Sporadisten meteorien aktiivisuusvaihtelu.

Eräs, ja vähiten tunnetuin, sporadinen radiantti alkaa vaikuttamaan apeksista 50 astetta pohjoiseen (tai eteläisellä pallonpuoliskolla etelään). Ja niistä käytetään nimitystä toroidiaaliset meteorit. Niiden populaatio-indeksi on näistä korkein eli meteorit ovat himmeitä, jopa ns. teleskooppikamaa (kyllä ne laajakulmaiset kiikaritkin kelpaavat).



KUVA 16. Sporadisten meteorien radianttien tiheysjakaumat.

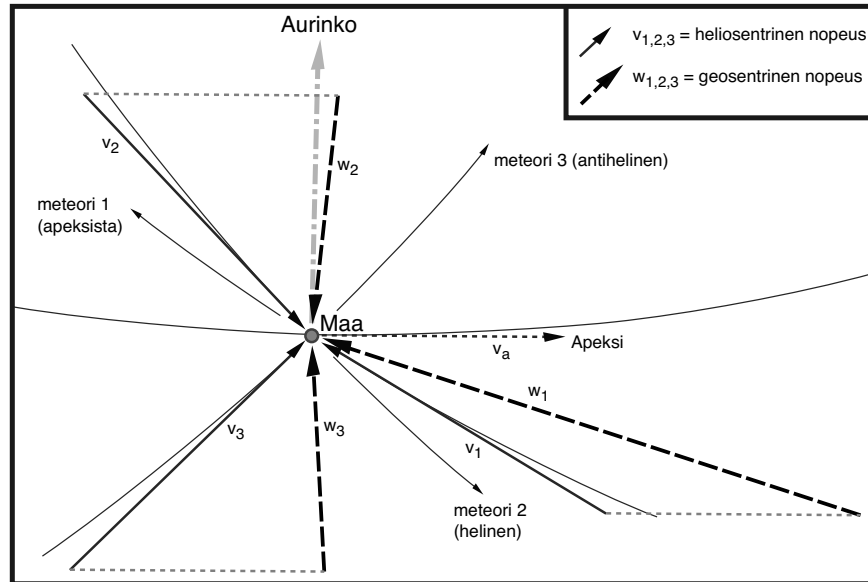
Ehkä on hyvä todeta vielä pari selventävää seikkaa. Kaikki innokkaat tähtiharrastajathan tuntevat kaksi apeksia, edellisissä ei ollut siis kyse tuosta Herkuleen tähdistön apeksista, jota päin rakas aurinkomme vaeltaa. Etelän matkailijoille mainittakoon, päiväntasaajalle mentäessä vaihtelut tasoittuvat ja edetessä eteläiselle pallonpuoliskolle, tapahtuukin niin, että sielläpä onkin kevätkausi parempi sporadisten suhteen. Eli talvea pakoon meneville lomalaisille hyvää informaatiota.

Onko sitten mahdollista havaita näitä? No tottahan toki, itseasiassa tiedostaessa tuon koko systeemin - minnepäin meteorit ovat pääosin teoriassa menossa, voi asian tehdä käytännössä, joten tuleepahan sporadishavainnot mielenkiintoisimmiksi. Suoraan katsottuna kuka tahansa havainnoista huomaa ainakin vuotuisen vaihtelun.

Mikäli aikoo havaita sporadisia meteoreja - ja vaikkapa niiden radiantteja, niin kannattaa ottaa selville onko mitään mahdollisia parvia aktiivisena kyseisenä ajankohtana? Tämä seikka saattaa vääristää joitakin sporadishavaintoja. Usein, kun havaitaan tiettyä parvea, niin muut mahdolliset parvet (esim. elokuussa) merkitään sporadisiksi havainnon ”helpottamiseksi” (tai ellei yksinkertaisesti tiedä muita aktiivisia parvia). Tässä tapauksessa sporadisia saattaa kertyä huomattavan paljon. Käänteinen sporadisten lasku on silloin tällöin havaittavissa taulukoista aktiivisten meteoriparvien aikaan, jolloin sporadisiakin meteoreja merkitään parveen kuuluviksi. Tähän auttaa, kun meteorin kulkusuunnan pistää tarkasti muistiin, mikäli radiantin tarkka paikka muistissa (joskus unohtettuani havainnoissa säteilypisteen paikan, pieni tarkkailu sen plottaamiseksi saattaa tuottaa tuloksia - tämä edellyttää kylläkin parvelta jonkinlaista aktiivisuutta).

Mainittakoon Suomalaisten meteorihavaintojen pohjalta vielä tällainenkin - että, esim.

sporadisia meteoreja havaittiin (pikaisten laskutoimitusten mukaan) vuonna 1995 vain 942 kappaletta. Näistä lähes puolet tuli elokuussa (405 kpl.), johtuen siitä että havaintoja tuli silloin eniten. Toisena lokakuu (145 kpl.) ja kolmantena huhtikuu! (81 kpl.). Sporadisten minimin aikoihin maaliskuun havainnoissa näkyi lasku (sporadisia 30 kpl.), vaikka helmikuun aikana suhteutettuna havaintomääriin ja sääoloihin tuntui olevan hiljaisin aika (38 kpl.). Syyskuu kärsi tavattoman paljon satunnaisten suhteen, jolloin näkyi vain 37 sporadista.



KUVA 17. Heliosentriset nopeudet.

2.7. METEOROIDIT JA KOMEETAT

1800-luvun puolen välin tienoilla huomattiin, että useat meteoriparvet olivat yhteydessä komeettojen ratoihin. Huomattiin esimerkiksi, että leonidien meteoriparven rata oli lähes täsmälleen sama kuin komeetan Temple-Tuttle 1866 I. Samoin perseidit näyttivät olevan yhteydessä komeettaan Swift-Tuttle 1862 III. Nämä parvet ovat siis muodostuneet komeetoista ajan kuluessa irronneesta valtavasta hiukkasparvesta. Bielan komeetta synnytti meteoriparven 1846, jolloin se kierroksellaan Auringon ympäri hajosi kahteen osaan. Kun Maa vuonna 1872 kulki Bielan radan läpi, havaittiin meteorimyrsky. Parvi nimettiin Bielideiksi tai toisin andromedideiksi (tähtikuvion mukaan).

Meteoriparvet voivat olla yhteydessä myös pikkuplaneettoihin, joiden periheli eli ratansa läheisin piste Auringosta jää Maan radan sisäpuolelle. Esimerkiksi delta-akvaridit ovat mahdollisesti yhteydessä pikkuplaneettaan 1566 Icarus. Komeettojen tiedetään koostuvan jäädästä ja kivi-aineksesta. Komeettoja kutsutaankin usein 'likaisiksi lumipalloiksi'. Komeetan lähestyessä Aurinkoa alkaa aurinkotuulen vaikutuksesta komeetan pinnasta irrota vesihöyryä ja kiinteää ainesta, joka muodostaa komeetan valtavan pyrstön. Vähitellen hiukkaset leviävät tasaisesti komeetan radalle.

2.8. TULIPALLOT

Tulipalloksi nimitetään kirkasta meteoria, jonka kirkkaus on suurempi, kuin Venus kirkkaimmillaan (yli -4 magnitudin kirkkaus).

Bolidilla on yleensä kirkas loppuvälähdys. Sporadiset tulipallon ovat yleisempiä kuin johonkin meteoriparveen kuuluvat. 1500 sporadisesta meteorista yksi on kirkkaampi kuin -5 magnitudia.

Myös outburstien yhteydessä on esiintynyt paljon kirkkaita tulipalloja. Huomattavimpana tällaisena ilmiönä ovat vuoden 1998 leoniditulipalloj ja maapallonhipojat, eli kirkkaat tulipallot, jotka syttyivät horisontissa ja lensivät yli koko taivaankannen tuottaen todella komean ilmestyksen havaitsijoille.

Erittäin kirkkaat tulipallot, joiden kirkkaus on suurempi kuin -17 magnitudia, luokitellaan ns. superbolideiksi.

Taivaalla näkyy myös avaruusromun palamisia ilmakehässä, näissä havainnon kesto on yleensä pitkälti yli 10 sekuntia ja niiden tulokulma on matala ilmakehään. Tietyt tulosuunnat ovat todennäköisempiä kuin toiset. Tunnuksina on monivärisuus, hajoaminen erittäin moniin osiin. Avaruusromun putoamiset ovat kuitenkin Suomesta havaittuna hyvin harvinaisia verrattuna tulipalloihin.

Myös Iridium satelliitit aiheuttavat erittäin kirkkaita välähdyksiä, joita ei saa sekottaa tulipalloihin.

Tulipallon kirkkautta voi olla hieman vaikea määrittää, koska taivaalla ei ole niin kirkkaita kohteita. Siriuksen kirkkaus on n. -1.5 magnitudia, Jupiter on -2.2 magnitudia parhaimmillaan. Venus voi olla kirkkaudeltaan enemmän kuin -4 magnitudia.

Tulipallon kirkkauden määrittämisessä voi käyttää apuna sitä, että miten tulipallo valaisee ympäristöä. -5 magnitudin tulipallo valaisee jo ympäristöä jonkin verran. -6 magnitudin tulipallo valaisee ympäristöä selvästi, -9 magnitudin tulipallo valaisee ympäristöä kirkkaasti ja -12 magnitudin tulipallo valaisee ympäristöä kuten täysikuu. Jos tulipallo aiheuttaa verkkokalvolle ns. sokean pisteen, eikä edes kirkkaita tähtiä näy pieneen henkeen, on tulipallon kirkkaus ollut ainakin -10 magnitudia.

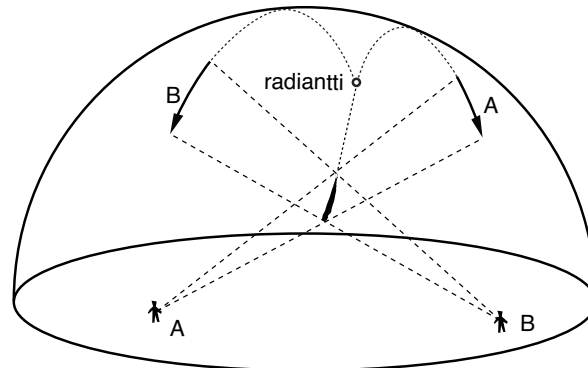
Meteorijaoston sivulla on tulipallojen www-havaintolomake ja lomakkeen tarkemmat täyttöohjeet.

Tulipalloihin voivat liittyä myös äänihavainnot, kuten ylääänipamaukset ja jyrinät. Äänet tulevat yleensä minuuttien viiveellä tulipallon näkymisestä.

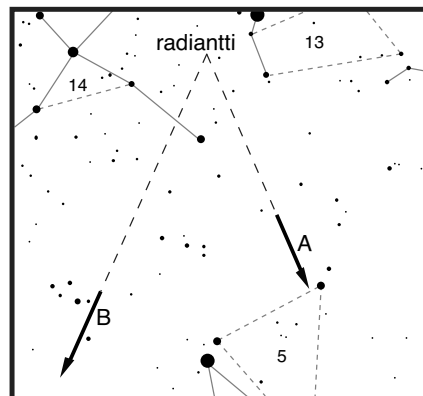
Jos kappaleesta on jäänyt mitään jäljelle sen nopeasta saapumisesta ilmakehään, niin tulipallon sammumisen jälkeen kappale aloittaa ns. pimeän lennon, eli putoamisen maata kohti. Tuuliolosuhteet korkealla ilmakehässä vaikuttavat kappaleen lentoon.

Loppuvaiheessa kappale on hidastunut normaaliin vapaan putoamisen nopeuteen eikä se pudotessaan tee mitään kraattereita tai vastaavia muodostumia. Se vaan tömähää maahan, kuten korkealta pudotettu kivi osuisi maan pintaan.

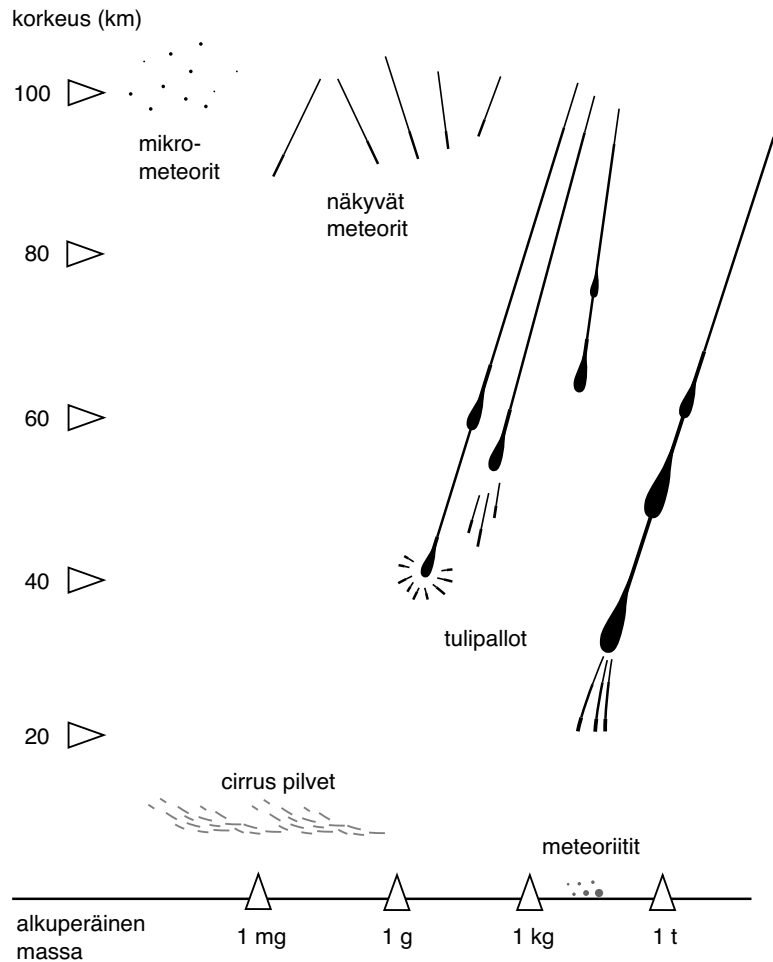
Meteorin lentoradan selvittämiseksi täytyy havaintoja tehdä kahdesta eri havaintopaikasta, jotka ovat useamman kilometrin etäisyydellä toisistaan. Näiltä havaintopaikoilta sama meteori näkyy hieman eri kohdissa tähtitaivasta vasten. Kuvat 10 ja 11 havainnollistavat tätä ilmiötä. Menetelmää voidaan käyttää esim. aikaisemmin tuntemattomien pikkuparvien etsimisessä, kunhan molemmat havaitsijat merkitsevät kunkin meteorin syttymis- ja sammumispisteet muistiin.



KUVA 18. Meteori näyttää piirtyvän eri kohtaan tähtitaivasta paikoista A ja B havaittuna.



KUVA 19. Sama meteori eri havaintopaikoilta nähtynä.



KUVA 20. Syttymiskorkeuden ja alkuperäisen meteoroidin massan riippuvuus toisistaan.

2.9. METEORIITIT

Meteoriitit ovat Kuusta tuotujen näytteiden ohella ainoita ulkoavaruuden kappaleita, joita voidaan tutkia laboratorioissa niiden iän ja koostumuksen määrittämiseksi. Meteoriittikivimateriaalin ikä vaihtelee 50 miljoonasta noin 5 miljardiin vuoteen.

Arvoa, miten hyvin erilaista materiaalia sisältävät tulipallot läpäisevät ilmakehää kutsutaan PE-kriteeriksi. Se riippuu ilman tiheydestä valoisan lennon loppupisteessä, massasta, nopeudesta ja lentoradan zenitiikulmasta. Kappaleet jaotellaan ilmakehän läpäisykyvyn perusteella luokkiin (PE-kriteeri).

PE-kriteerin mukainen jaottelu

Tyyppi	Materiaali
I	Kondriitti, vahvaa materiaalia, tiheys 3.7 g/cm ³ , asteroidimateriaalia
II	Hiilipitoinen kondriitti, tiheys 1.9 – 2.1 g/cm ³ , asteroidimateriaalia
III A	Komeettamateriaalia, tiheys 0.6 – 0.9 g/cm ³
III B	Heikkoa komeettamateriaalia, tiheys 0.2 – 0.34 g/cm ³

Koostumuksen mukaan meteoriitit voidaan jakaa kivi- ja rautameteoriitteihin. Suurin osa maanpinnalle pudonneista meteoriiteista on kivimeteoriitteja, mutta eroosion ja vaikean tunnistettavuuden vuoksi eniten löydetään rautameteoriitteja.

Kivimeteoriitit on jaettu kondriitteihin ja akondriitteihin rakenteen mukaan. Kivimeteoriitti, joka sisältää pieniä jyväsia eli kondreja, on nimeltään kondriitti. Toinen, harvinaisempi kivimeteoriittien luokka ei sisällä selvästi erottuvia jyviä ja siksi sille on annettu nimi akondriitti.

Maan ilmakehään syöksyy myös ns. mikrometeoroideja, jotka eivät pala meteoroidien tapaan, koska ne ovat kooltaan hyvin pieniä. Vuorokauden aikana ilmakehään arvioidaan osuvan mikrometeoroideja 10000-100000 tonnia.

Meteoriitteja on löydetty paljon Antarktikselta, koska ne ovat säilyneet hyvin jäässä ja rapautuminen on ollut hidasta. Maankamaralta meteoriitteja tavataan melko harvoin ja suuri osa meteoriiteista putoaa valtameriin tai asumattomille seuduille. Koska meteoriitin löytäminen on harvinaista, kannattaakin aina merkitä muistiin suurien tulipallojen näkyminen, sillä tällainen hitaasti taivaankantta repivä tulipallo kertoo mahdollisesti meteoriitin putoamisesta jonnekin lähiseudulle.

Meteoriitin erottaminen maanpäällisistä kivistä on vaikeaa. Täysin varma tunnistus ei yleensä onnistu ilman laboratoriomittauksia. Meteorin tunnistaminen voi karkeasti perustua esim. seuraaviin suureisiin: Magneettisuus, tiheys, sulamiskuori, muoto ja sisäinen rakenne. Koskaan ei mahdollista meteoroiittia saa hajoittaa vasaralla tai sahalla, sillä silloin sisäinen rakenne tuhoutuu.

Virheelliset havainnot, kuten uveavannot, järvimalmi, laavakivet, kaasukuplat järvien rannassa, sulattamon kuonat, pilkkiavannot ja rautapitoiset luonnon kivet olisi hyvä saada vähenemään.

Suomessa meteoriitteja analysoi mm. Helsingin Yliopiston Kivimuseo.