



## Lumihutaleet ja maailmankuvat – havaintoja ja spekulatioita 1600-luvulta

Raimo Lehti



**Seitsemänneltoista vuosisadalla olivat syntymässä olevan tieteen harrastajat innostuneita lukuisista asioista, jotka sitten painuivat pitkäksi ajaksi miltei unohduksiin. Tällaisia aiheita olivat veden jääytymisen ilmiöt ja näiden joukossa myös lumihutaleet. Näistä esitettiin tuolloin yllättävän moninaisia näkemyksiä, joiden taustalla olivat eri suuntaiset kosmologiset ajatukset materiaalsen maailman perusvoimista ja rakenteesta. Seitsemänneltoista vuosisataa voi aiheellsemmin kutsua "tieteen synnyn vuosisadaksi" kuin "tieteen vallankumouksen vuosisadaksi". Rajaa "hyväksytyn tieteen" ja "vaihtoehtotieteen" välillä ei ollut, vaan sittemmin "tieteen" osiksi kiteytyneet ajatukset ja menetelmät esiintyivät rönsyilevien spekulatioiden lomassa.**



En esitä tässä kirjoituksessa arveluita, missä mielessä kaikkia tai joitakin seuraavassa kuvailluista teorioista voisi kutsua tieteeski. Näiden spekulatioiden esittäjinä olivat kuitenkin monien muiden ohella sellaiset tieteen suurmiehet kuin Kepler, Descartes, Hooke, Huygens, Newton ja Bosovich. Spekulaatiot eivät esiintyneet heidän ajatusmaailmassaan irrallisina kummajaisina, vaan liittyivät heidän tunnetumpiin saavutuksiinsa.



Vanhalla ajalla ei lumikiteiden geometrisesta rakenteesta tiedetty mitään, mutta kylläkin muista säännöllisistä kiteistä. Mahdollisesti nämä olivat osittain inspiroimassa aineen rakenteesta esitettyjä teorioita, joissa hiukkaset oletettiin säännöllisten monitahokkaiden muotoisiksi. Aineen rakenteen todellinen tai kuviteltu yhteys säännöllisiin monitahokkaisiin esiintyy jo varhaisissa spekulatioissa. Latinalaisen Euroopan tieteeseen vaikuttanut esitys löytyy Platonin dialogista Timaios. Platon kertoo, miten kolmioita tahkoina käyttäen konstruoidaan säännölliset kappaleet tetraedri, oktaedri, ikosaedri ja kuutio. Platon perustelee, että näistä kuvioista vähiten tahkoja omaava (siis tetraedri) on liikkavin ja myös kevyin. Niinpä tulee antaa tetraedri tulelle, järjestyksessä seuraava (siis oktaedri) ilmalle ja kolmas (ikosaedri) vedelle. Kuution Platon antaa maalle.



Antiikin kirjallisuudesta ei löydy mainintaa lumikiteiden muodoista. Euroopassa ensimmäinen maininta on Albertus Magnukselta noin vuodelta 1260, ja seuraava Olaus Magnukselta vuodelta 1555, hänen pääteoksessaan *Historia de gentibus septentrionalibus*. Hän kertoo pakkasen luomista jääkukkasista ja lumikiteiden kauneudesta, ja esittää näistä kuvankin. Kuvassa esiintyvistä muodoista vain yksi on tähdenmuotoinen; kuusikulmaisuutta Olaus Magnus ei korostanut.



Kuusikulmaisuuden esille nostaminen vaatii henkilöä, joka oli asennoitunut etsimään säännöllisiä monikulmioita kosmoksen ilmiöistä. Saksalainen astronomi Johannes Kepler oli tällainen henkilö. Kuusikulmaista lunta Kepler pohti teoksessa *Strena, seu de Nive Sexangula* (1611). Kepler formuloi probleeminsa:



*Koska aina lumisateen alkaessa ensimmäiset lumihutaleet ovat muodoltaan kuusisäteisiä tähtiä, täytyy tähän olla jokin määrätty syy. Jos asia nimittäin olisi sattumanvaraista, miksi ne eivät leijaile viisisäteisinä tai seitsensäteisinä, ...?*



*Jos ... kysyy, miksi kaikki puut ja pensaat (tai ainakin niiden enemmistö) kehittävät viisisysteemin mukaisen kukinnon, t.s. sellaisen, jossa on viisi terälehteä, ... on paikallaan tarkastella sen muodon kauneutta tai omalaatuisuutta, joka on antanut näiden kasvien sielulle sen luonteen.*



Kepler kysyy: saattaisiko muodon synnyttäjänä olla ulkoinen voima, siis kylmyys? Hän pohtii, että mikäli vesihöyry kylmyyden takia tiivistyisi, olisi sen saama luonnollinen muoto pallomainen. Spekuloituaan edelleen kysymyksellä, miten ilmassa putoavat pisarat saattaisivat hajota ja jäätymä pieniksi palasiksi ja levyiksi, hän jää ihmettelemään, miten nämä saattaisivat olla kuusikulmion tai vieläpä koristeellisen kuusisakaraisen tähden muotoisia.



Astrologinen aspektioppi monikulmioiden merkityksen



tukena

On syytä selvittää kosmologista näkemystä, joka tekee Strenakirjaisen omalaatuiset ajatuskuviot ymmärrettäviksi. Miksi veden tiivistyminen ilmakehässä synnyttää säännöllisiä kuvioita? Kepler etsi kysymykselle vastausta mielestämme oudosta suunnasta. Tämä on yhteydessä siihen, millaisen kosmologisen yhteyden Kepler katsoi vallitsevan toisaalta säännöllisten monikulmoiden, toisaalta sääilmiöiden välillä. Seuraavassa selostetut Keplerin ajatukset ovat *Strena*-teoksen lisäksi peräisin hänen teoksistaan *De Fundamentis astrologiæ certioribus* ja *Harmonice Mundi*.

Keplerin innostus säännöllisiin monikulmioihin on peräisin monesta lähteestä; niistä yksi oli traditionaalisen astrologian oppi *aspektheista*. Sen mukaan planeettojen vaikutus on erityisen suuri silloin kuin kaksi planeettaa sijaitsee Eläinradassa määrätyissä konfiguraatioissa: konjunktiossa, oppositiossa tai siten, että niiden välinen kulma on 120, 90 tai 60 astetta. Kepler on vakuuttunut näiden merkityksestä sääilmiöihin vaikuttavana tekijänä. Kepler perustelee, että aspektien vaikutus todistaa sielun olemassaolosta. Sielut suhtautuvat harmonioihin – eli Keplerin ajatusmaailmassa säännöllisiin monikulmioihin – joko tuottamalla itse harmonioita, kuten kasvit kukkia ja hedelmiä siemenkotia, tai reagoimalla harmonioihin, kuten ihmiset musiikkiin ja tähtien aspecteihin. Keplerin kosmologian oletamus on, että sama pätee kääntäen: jos jokin tuottaa monikulmioita eli harmonioita, tai reagoi tällaisiin, niin tuolla jollakin on sielu. Aspektien tapauksessa Kepler sanoo tämän eksplisiittisesti:

*Miksi sitten kahden planeetan efektien pitäisi noin väkevästi keskittyä näiden aspektien hetkiin, sille en löydä muuta syytä kuin sielullisen kyvyn, joka toisaalta pystyy geometriseen päättelyyn (jollaisesta aspekti koostuu), ja jolla on valta ruumiiseensa, jossa ilmiö havaitaan. Efektii ei nimittäin saa aikaan se, että kaksi sädettä kohtaa toisensa tietyssä kulmassa. Efektii lopulta tapahtuu vain, kun kulma on jonkin hamoonisen suhteen tai kuvion mukainen.*

*Juuri kuten sielu, joka liikuttaa ruumista, ei asu ähavainnonni kohteessa, vaan siellä, missä kohteen kuva [species] havaitaan, samoin on välttämätöntä, että tämä voima, joka saa aspektit toimiviksi, asuu sisällä kaikissa kuunalisissa kappaleissa ja suurella Maapallossa itsessään.*

*... Eikä ole järjetöntä otaksua, että sielunkyvyt, joilla ei ole diskursiivisen päättelyn kykyä, ymmärtäisivät geometriaa ja antaisivat sen vaikuttaa itseensä ähavaintoñkohteen tavoin. Hyvin tunnettuja esimerkkejä on välittömästi löydettävissä. Puun plastinen kyky ei päätele, mutta kuitenkin se täydelleen seuraa Luojañ ohjeita tavassa, millä se järjestää lehtensä hedelmänsä hyödyksi ja määrättyä tarkoitustaan varten. Tosiaankin sen kauneus, joka on lukumäärästä riippuvaista, säilyy sen kaikissa siemenissä. Useimman lajisissa kasveissa ilmenee luvun viisi sisältävä rakenne.*

*... säteiden harmoniat tunkeutuvat edelleen erityisesti sieluun, jota filosofit kutsuvat kuunaliseksi luonnoksi. Se on levinyt yli koko ravitsevan äitimme Maan ruumiin, ja sen juuret ovat yhdessä määrätyssä tämän ruumiin osassa samoin kuin ihmisen sielu sydämessä. Sieltä se virtaa kuten liedestä, lähteestä tai keskuksesta spesieksensä välittämänä Maan ympäri lainehtivaan valtameren ja molempien yli vuodatettuun ilmamereen. ...*

*Olen nimittäin huomannut, että erittäin säännönmukaisesti ilman olotila häiriytyy aina, kun planeetat joko asettuvat konjunktioon tai muodostavat astrologian tavanomaisten oppien mukaisia aspecteja.*

Millä tavoin Maan käyttäytymiseen vaikuttavat aspektit, ts. hetket, jolloin planeettojen säteet muodostavat Maasta katsoen tietyn kulman? Miten voivat tällaiset harmoniat vaikuttaa maahan? Jälleen asia valkenee esimerkin avulla. Miten voi musiikki vaikuttaa ihmisen ruumiiseen? Siten, että ihmisen sielu, kuten monien eläimienkin sielut, iloitsee, virkistyy ja voimistuu ruumiissaan. Jos siis taivaalliset harmoniat vaikuttavat Maahan, niin Maassa on tyhjän ja vailla ymmärrystä olevan kosteuden lisäksi myös sielu, "joka alkaa tanssia, kun sille aspektit soittavat". Kepler on siis omaksunut hypoteesin Maan sielusta selittääkseen sillä aspektien vaikutuksen. Maan sielusta todistaa myös Maan kyky mineraalien synnyttämiseen. Kepler kertoo, että lämmön synty olioissa on osoitus niiden sielun toiminnasta, ja tämä pätee

erityisesti Maan tapauksessa.

*... Maan sisuksissa asuu muovaava voima, joka raskaana olevan naisen tavoin kuvaa lohkeavaan kiveen näkyjä, ... yhtenäisen voiman kuvaa jalokiviin ja kristalleihin viisi säännöllistä geometristä kappaletta.*

Maapallon tuottamissa kasveissa Kepler löytää ominaisuuden, joka hänen kosmologiansa mukaan sielua luonnehtii: säännöllisten monikulmioiden tuottamisen. Kepler toteaa, että harmooniset suhteet tajuava järki saattaa toimia diskursiivisesti, kuten geometriaa ymmärtävä ihminen, tai se saattaa olla vaistonvarainen ja oloon maailman alussa istutettu, kuten kasvien format. Näiden ansiosta kasvit pitävät yllä maailman alusta niille annettua lehtien lukumäärää ja rakentavat tuon lukumäärän aina uudelleen. Tällaisista ajatuksista rakentuu kosmologinen arsenaali, jolla Kepler käy lumikiteiden kuusikulmaisuuden probleemin kimppeihin.

Maapallon sielu kuusikulmaisten lumihutioiden synnyttäjänä

Lumihutioiden kuusikulmaista muotoa pohtiessaan Kepler päätyi tulokseen, että sen syy on periaatteessa samanlainen kuin kasveissa ilmenevien monikulmioiden syyn hän löytää Maapallon sielua ja sen synnyttämiä meteorologisia ilmiöitä koskevista spekulatioista. Kepler kirjoittaa:

*Mitä nimittäin ensiksikin Maahan tulee, kukaan ei kiistä, että kokonaisuutena, sikäli kuin se on kokonaisuus, sillä on jalompi muoto kuin minkään maamöhkäleen kohdalla havaitaan. Ja sen toiminnat viittaavat siihen, että sen forma todellakin on sukua sielullisille kyvyille: ne synnyttävät metalleja, pitävät Maan lämpimänä ja hikoavat esiin jokia, sateita ja muita meteorologisia ilmiöitä synnyttäviä höyryjä.*

Ongelmaksi Kepler toteaa kuusikulmiomuodon tarkoituksen puuttumisen. Ongelmalle hän antaa omaa ajatusmaailmaansa syvästi valaisevan vastauksen, joka on teoksen *Strena* luonnonfilosofinen ydinkohta:


*Lumen muotoutumisessa ei voi huomata mitään tarkoitusta. Kuusikulmiomuodosta ei myöskään seuraa, että lumi pysyy ja muodostaa määrätyn luonnollisen kappaleen, jolla on selvä ja pysyvä forma. Vastaan, että forman antava järki ei toimi ainoastaan tiettyä tarkoitusta varten, vaan myös koristukseksi. Se ei ainoastaan pyri aikaansaamaan luonnollisia kappaleita, vaan sen tapana on myös kepeästi leikkiä, kuten monien mineraalien esimerkeistä ilmenee. Mielekkääksi perustelen tämän kaiken johtamalla tämän vakavan tapahtumisen leikistä (kuten sanomme luonnon leikkivän). Minä nimittäin ajattelen, että aineen tuohon asti sisältämä lämpö kärsii tappion ympäröivälle kylmyydelle. Siihen saakka alämpöön toimi ja taisteli järjestyneenä (tosin formaa antavan järjen täyttämänä), ja samoin se nyt järjestyneenä kääntyy pakoon, väistyy ja pysyttäytyy noissa hajanaisissa ja kuten taistelurintamaan asettautuneissa hahtuvissa pitempään kuin muualla aineessaan. Täten alämpöön pitää huolen siitä, ettei se kaadu kunniantomasti ja arvottomasti ...*

Lukija on miltei typerytynyt Keplerin fantasian edessä. Kun lämpö, Maan sielun tuote, menehtyy kylmyyteen, niin se päättää edes kuolla kauniisti, ja sen takia kuolee lumihutiaina, kauniina kuusisakaraisina tähtinä. Kepler jatkaa ajatuksensa perustelua:

*... On kuitenkin melko naurettavaa olettaa jokaiselle lumitähdeksi erillinen sielu, ja tämän takia ei lumihutioiden muotoa voi johtaa sielun toiminnasta samalla tavalla kuin kasvien tapauksessa. ... Minä vastaan, että asia on molempien tapauksessa samankaltaisempi kuin tuon vastaväitteen tekijä uskoisikaan. Myöntäkäämme, että erillisillä kasveilla on kullakin sielullinen kykynsä, mutta kuitenkin nämä kaikki ovat yhden ja saman Maapallossa piilevän kattavan muovaamiskyvyn taimia.*


Kepler ihastelee: nyt hän on pienimmistä lumihutioiden käsin päätyttyä näissä ilmenevään kaikkein suurimman olennon, Maapallon, sieluun. Täyteen mielenrauhaan Kepler kuitenkin ei ole päässyt, vaan viimeiseksi häntä jää kaihtamaan kysymys: miksi syntynyt kuvio on tasokuvio? Ja miksi se on erityisesti kuusikulmio, miksi ei kolmio, neliö tai viisikulmio? Kepler vilauttaa mahdollisuutta, että lumihutioiden muodon





aiheuttaja olisi muissakin tapauksissa erikoisia kidemuotoja aiheuttava tekijä: "Sanokoot kemistit, onko lumessa jokin suola, ja millainen tämä suola on, ja miten se muualla saa tuon muodon aikaan?" Tähän Kepler kirjoituksensa päättää, kysymysmerkkiin. Kepler ei tämän enempää pohdi mahdollisuutta, että lumihiuataleen muodon aiheuttajana olisi jokin suola. Myöhemmin tämä ajatus nousi uudelleen esille. Keplerille jäi selvittämättömäksi, miksi 'muovaava kyky' lumen tapauksessa luo kuusikulmioita, kun se muuten täyttää maan viisikulmaisilla kukilla. Tämä erikoisuus oli huomattu Kiinassa jo aikaisemmin. Ensimmäisen kirjallisuudessa mainitun havainnon lumihiuataleiden heksagonaalisesta symmetriasta teki runoilija - filosofi Han Ying Kiinassa vuonna 135 e. Kr. Hänen kirjastaan löytyy maininta, jonka mukaan kasvien ja puiden kukkaset ovat yleensä viisikärkisiä, mutta lumen kukkaset, joita kutsutaan nimellä *jing*, ovat aina kuusikärkisiä. Eurooppaa huomio ei tavoittanut, vaan Kepler törmäsi samaan ongelmaan omista lähtökohdistaan käsin.

### Descartesin selitys lumihiuataleiden muodolle




Keplerin jälkeen pohti René Descartes sääilmiöitä käsittelevässä teoksessaan *Les Météores* muun ohella myös kysymystä lumihiuataleiden muodosta. Descartes kertoo, että pilvien sisältämät jäähiukkaset tai vesipisarot ovat äärimmäisen pieniä, joten niillä on paljon pintaa suhteessa materiaansa. Tämän takia ilman vastus estää niitä putoamasta. Kuusi pikku jääpalloa takertuu yhden ympärille ja jäätyy siihen kiinni. Näin syntyy yhden keräsen ympärille kuusi sädettä tai kärkeä. Nämä voivat olla eri muotoisia siitä riippuen, miten tiheä alkuperäinen pallukka oli, olivatko siihen tarttuvat hahtuvat pitempiä vai leveämpiä, millainen oli lämpötila, oliko tuuli kovempi vai heikompi. Näin muodostaa lumi kuvioita, joita Descartes esittelee piirroksessa.

Descartes kertoo havainnoistaan Amsterdamissa talvella 1635; havainnot olivat poikkeuksellisen kylmien talvien inspiroimia, kuten suuri osa muustakin 1600-luvulla tehdystä jäätymisilmiötä koskevasta havainto- ja kokeilutoimesta. Erittäin kylmien päivien edeltämänä helmikuun neljäntenä rupesi illalla satamaan, ja sade jäättyi heti maahan osuttuaan. Sitten rupesi satamaan hyvin pieniä hiuataleita, joiksi pisarat olivat ilmassa jäätyneet. Ne olivat aivan pyöreitä, "melkein saman muotoisia kuin silmäterämme". Kun sitten rupesi navakasti ja kylmästi tuulemaan, aiheutti tämä pisaroiden jäätyminen toisiinsa. Sen jälkeen satoi ihmeellisiä hiuataleita, joissa pisaralla oli ympärillään kuusi hammasta aivan kuin kellon hammasrattaassa. Descartes kuvailee ihailleen näiden lumikukkien muotoa ja päättelee luonnon järjestykseen kuuluvan niiden rakentamisen tuollaisiksi kuusikulmaisiksi tasokuvioiksi. Hän päättelee, että muodon syynä on se, että kuusikulmiot antavat tason peittävän kuvioinnin. Tuuli on painanut hiuataleet sellaiseen muotoon, että niiden väliin ei jää mitään tyhjää tilaa, vaan jokainen liittyy kuuteen ympärillään olevaan. Tämä selitys, jonka karteesiolaisten oppikirjojen kirjoittajat sittemmin toistivat, on Descartesille tyypillinen 'luonnon romanssi', jonka matemaattisuus on varsin näennäistä. Kaiken kaikkiaan Descartes kertoo vakuuttavasti näiden lumikuvioiden ihmeellisestä säännöllisyydestä sekä tekemistään havainnoista, mutta hänen meteorologiset selitysrityksensä ovat kuvitteellisia. Eipä hän tietenkään muuhun olisi voinut päästäkään.

Descartes kuvailee muunkaltaisia hiuataleita. Hiuataleet saattoivat esiintyä myös kaksittain toisiinsa kiinnittyneinä siten, että niitä yhdistää toisiinsa akseli tai pylväs. Nämä saattavat synnyttää myös kaksitoistahaaraisia tähtiä. Muotojen syntyä Descartes yrittää selittää sellaisilla ylhäällä pilvissä vaikuttaneilla tekijöillä kuten tuuilla ja lämmön pisarasta poistumisen tavoilla. Tähtimäisten muotojen syyksi Descartes esittää koko tuon päivän ajan vallinneen myrskytuulen.

Descartesin piirros on ensimmäinen julkaistu kuva, jossa esitellään lumikiteiden moninaisia heksagonaalisen symmetrian mukaisia muotoja. Oman aikamme lumitutkija Ukichiro Nakaya katsoo kuvasta löytyvän miltei kaikki nykyisinkin tunnetut tärkeät lumikiteiden tyypit. Erityisesti Nakaya ihastelee sitä, että Descartes on jo havainnut kaksitoistahaaraisia kiteitä sekä kiteitä, joissa heksagonaalisen pylvään molemmissa päissä on dendriittinen tasokide. Descartes on siis ollut huomattavan tarkka ja luotettava lumihiuataleiden havaitsija. Hänen yrityksensä hiuataleiden muodon meteorologiseksi selitykseksi eivät olleet yhtä onnistuneita. Hänen selitysrityksensä epäonnistuivat pahimmin hänen kuvitellessaan, että pelkät sääolosuhteet



todellakin selittävät sen, mitä hän itse piti yhtenä luonnon suurimmista ihmeistä, nimittäin lumihutaleiden säännöllisten muotojen syntyminen. Sääolosuhteilla on suuri merkitys eri tyyppiä olevien lumikiteiden muodostumiselle, mutta lumikiteiden symmetrioiden pääongelmaa ne tietenkään eivät ratkaise: minkä takia vesihöyry tietyissä meteorologisissa olosuhteissa rakentaa tällaisia 'luonnon ihmeitä'.

Lumikiteet antavat pienen esimerkin 1600-luvun alkupuolen mekanistisen luonnonfilosofian heikkouksista. Jos maailman ajattelee rakentuvaksi partikkeleista, joiden ainoa vuorovaikutustapa on toisiinsa törmääminen ja mahdollinen 'koukkuisen muodon' avulla tapahtuva takertuminen, niin sellaisten symmetristä geometrasta rakennetta omaavien kappaleiden kuin lumihutaleiden syntyminen tuntuu melko mahdottomalta tapahtumalta. Kun Descartes ajatteli voivansa palauttaa symmetristen ja säännöllisten lumihutaleiden syntymekanismin pelkästään mekanistisen filosofiansa mukaisiin ulkoisiin vaikutteisiin, niin tämä oli mahdoton yritys, jonka heikkous oli mekanistiseen filosofiaan vähemmän ehdottomasti sitoutuneen tarkastelijan nähtävissä jo Descartesin elinaikana.

### Kemiallinen meteorologia ja kylmyyden tutkimus

Tieteellisen vallankumouksen nimellä tunnettu murros, ei ollut yksiviivainen tapahtumasarja. Aristoteelisen kosmologian korvaajiksi rakennettiin useita keskenään kilpailevia järjestelmiä, joiden moninaisuus luonnehtii 1600-lukua. Karteesiolaisuutta vanhempi oli monina variaatioina esiintynyt näkemys, jonka edustajia kutsuttiin paracelsisteiksi, spagyristeiksi tai yleisesti kemisteiksi. Eräät näiden rakentaman kosmologian ydinkohdat antoivat muun ohella taustan toisaalta aikaisemmista poikkeavalle sääilmiöiden teorialle, toisaalta kiteiden synnyn ongelmalle, ja näiden aiheiden kombinaationa myös näkemykselle lumihutaleiden muodon syystä.

Omalaatuisen kombinaation lumihutaleiden, suolojen ja elävien olentojen rakenteiden kombinoimisesta esitti kasvien anatomian ja morfologian tutkija Nehemiah Grew (1641-1712). Grew oli alunperin ollut kiinnostunut ennen kaikkea eläinten rakenteesta. Hän lähetti Lontoon Kuninkaallisen Tiedeseuran eli *Royal Society*'n sihteerille Oldenburgille. artikkelin, joka sisälsi havaintoja lumesta. Grew vertasi lumihutaleiden muotoa virtsahapon suoloihin sekä lintujen höyheniin, joissa hän näki samankaltaisuutta. Grew päätteli, että koska linnuilla ei ole erityistä elintä virtsan erittämistä varten, täytyy tämän poistua linnun ruumiista ihon huokosten läpi. Näin tehdessään se rakentaa ja kasvattaa höyheniä. Samanlainen prosessi tapahtuu, kun putoavat sadepisarat kohtaavat maasta kohoavia "nitriin" ja erityisesti virtsan partikkeleita. Pisarat yhdistyvät partikkeleihin, jolloin pisaroihin kasvaa lumihutaleille ominainen höyhenenomainen rakenne.

"Nitrisiä" partikkeleita pitivät monet myös kylmyyden ja erityisesti jäätyminen aiheuttajina, mutta ajatusta vastustettiin. Näin teki mm. Robert Boyle. Kylmyyttä Boyle ei pitänyt itsenäisenä 'positiivisena' ominaisuutena; hän piti sitä ainoastaan kuumuutta aiheuttavan partikkelien agitaation puuttumisena, partikkelien vähempänä liikkeenä. Erilaisten kokeiden avulla hän perusteli, että jo Epikuroksen ehdottamia 'jäädettäviä partikkeleita' ei ole olemassa. Epävarmuus sekä lämmön että kylmyyden olemuksesta oli kuitenkin suuri. Lämmön Boyle hyväksyy kappaleen hiukkasten liikkeeksi, mutta liittyykö tähän joidenkin erillisten tulipartikkeleiden tulo kappaleeseen? Onko kylmyys vain lämmön puuttumista, siis joko kappaleen partikkeleiden liikkeen vähenemistä tai tulipartikkeleiden poistumista, vai merkitseekö kappaleen jäähtyminen, että siihen tulee jäädettäviä partikkeleita? Useimmat 1600-luvun tiedemiehet hyväksyivät jälkimmäisten olemassaolon ja etsivät niistä 'aktiivisen kylmyyden' olemusta.

Tiedeseuran kokeilutoimen kuraattori Robert Hooke pohji monien muiden asioiden ohella myös lumihutaleiden muotoa, ja yhdisti tällöin toisiinsa kemiallisen kosmologian ja karteesiolaisen näkemyksen partikkelien rakentamasta maailmasta. Kirjoituksessa *The Method of Improving Natural Philosophy* Hooke esittää kysymyksiä aiheista, jotka hänen mukaansa kaipaivat tutkimista. Useat koskevat ilmakehää, sääilmiöitä jne, kuten seuraava:

*Eikö erilaatuisten höyryjen yhdistymisestä synny uusi annos ilmaa, ja loppu putoa alas pisaroina tai hiutaleina, kuten kokeessa, jossa valmistetaan Tartarum Vitriolatum'ia, ja*



eikö tämä saata olla syy lumihituleiden muodolle jne.

Hooke teki sittemmin *Royal Societyn* piirissä runsaasti konkreettista ja arvokasta työtä sekä sääilmiöiden että kiteiden synnyn selvittämiseksi, ja siinä yhteydessä palasi myös kysymykseen lumihituleiden muodosta. Hooke mm. kertoi kokeesta, jossa saatiin jäädäytämällä aikaan säännöllisiä kuvioita sekoittamalla lunta ja suolaa pienessä lasipullossa ja valuttamalla sen reunalle hieman virtsahappoa (*spirit of urine*).

#### Kiteiden tutkiminen mikroskoopin avulla

Mikroskoopin keksiminen toi kiteiden tutkimiseen uusia mahdollisuuksia. Jo René Descartes oli innostunut mahdollisuudesta päästä sen avulla perille aineen rakenteesta. Hän kirjoittaa:

*Voimmehan toivoa sen avulla pystyvämme tarkastelemaan eläinten ja kasvien ja kenties muidenkin ympärillämme joka puolella sijaitsevien kappaleiden pienten osasten erilaisia yhdistelmiä ja asentoja, ja tämä suuresti auttaa meitä oppimaan jotain niiden luonnonmukaisesta tilasta. Ovathan monien filosofien mielipiteiden mukaan kaikki nämä kappaleet koostuneet yksinomaan eri tavoin yhdistellyistä elementaariosista. Minun ämielipiteeniin mukaan niiden, ainakin elottomien, koko olemus ja luonto rakentuu vain osasten koosta, muodosta, sijainnista ja liikkeistä.*

Merkittävin Robert Hooken teoksista on vuonna 1665 ilmestynyt *Micrographia*, jossa Hooke kertoo mikroskoopilla tekemistään havainnoista. Ottaen huomioon sekä *Royal Societyn* että Hooken itsensä vakaumuksen nimenomaan uusien aistihavaintojen merkityksestä uuden ja luotettavan tiedon antajana, onkin ymmärrettävää, että tällainen uusi laite koettiin ylen tärkeäksi. Antoihan se mahdollisuuden aistihavainnon ulottamiseen siihen asti kätkössä olleeseen pienen alueeseen, ja täten tuntui tarjoavan tien päästä hyvin perusteltuun tietoon materiaalisten kappaleiden mikrorakenteesta, josta siihen asti oli esitetty vain spekulatiivisia arvailuja.

*Micrographia*-teoksen asiasisältö on jaettu 60 'observaatioon', joista kolme käsittelee kiteiden ja lopulta lumikiteiden rakennetta, ja niissä Hooke vetää havaitsemastaan johtopäätöksensä. Observaatio 11 käsittelee säännöllisten pikkukiteiden muodoista tehtyjä havaintoja. Observaatio 12 kertoo virtsasta saostuvan sormaisia muruja, jotka usein ovat muodoltaan rombisia, suorakulmaisia tms. säännöllisiä kappaleita. Observaatiossa 13 Hooke kertoo, miten piikivestä löytyy pieniä sirusia, joilla on samanlainen säännöllinen muoto kuin kristalleilla, ja selostaa kiteiden muodoista tekemiään johtopäätöksiä:

*Ja tästä siirryn toiseen näissä timanteissa huomattuun merkittävään ilmiöön, nimittäin niiden säännölliseen muotoon. ...Sen takia olen jo pitkään sekä toivonut että päättänyt ryhtyä asian selvittämiseen ... Olisipa minulla aikaa ja tilaisuutta, niin voisin osoittaa todennäköiseksi, että kaikki nämä niin silmiinpistävän moninaiset ja merkilliset säännölliset muodot ... ovat peräisin vain kolmesta tai neljästä pallomaisten partikkelien eri asemasta eli asennosta. ... Kun siis oletamme tiettyjen yksinkertaisten ja selvien syiden vaikutuksen, täytyy toisiinsa tarttuvien partikkeleiden välttämättä rakentaa tuollainen määrätyn säännöllisen muodon omaava kappale, eikä mitään muunlaista. ... ja tämän olen silmien todistukseen vedoten demonstroinut joukolla kuulia ja muita hyvin yksinkertaisia kappaleita. Edellä mainitsemini kappaleiden joukosta en ole tähän mennessä tavannut ainoatakaan säännöllistä muotoa, jota en pystyisi jäljittelemään yhdistelemällä kuulia tai palloja sekä paria muuta kappaletta, jopa miltei vain ravistamalla ne yhteen. ...*

*Tässä minulla ei kuitenkaan ole aikaa asian ajamiseen, sillä minulla ei ole näyttöä siitä, millä keinoin palloset tuolla tavoin kokoontuvat ja mitä nuo palloset ovat, eikä monista muista yksityiskohdista, joita tarvitaan kappaleiden tämän ominaisuuden täydelliseksi ja ymmärrettäväksi selittämiseksi. ... Vaatii nimittäin runsaasti aikaa sekä huomattavasti apuvoimaa suorittaa kaikki suunnittelemani, jonka malli oli seuraava: ... On tehtävä niin monia kokeita kokemuksen saamiseksi erilaisten kiteytyvien suolojen liuottamisesta ja kiteyttämisestä, kuin pitäisin tätä tutkimusta varten tarvittavaksi opiksi ja informaatioksi välttämättömänä.*

... On yhdessä kiteytettävä samoja määriä useista suoloista sen havaitsemiseksi, minkä muodon niiden seos saisi ... On tutkittava, millä ja kuinka monella tavalla tietynkaltaiset muodot, aktiot ja efektit on mahdollista saada aikaan.

Ja lopuksi, kaikkia asianhaaroja tarkoin punniten, yrittäisin osoittaa, mikä noista átavoistañ oli todennäköisin, ja (jos näiden tutkimuksien antama informaatio siihen antaisi mahdollisuuden) todistaa, mikä sen täytyy olla, ja se todella oli.

Hooken formuloima 'tutkimusohjelma' toisaalta ennakoiki omalle ajallemme ominaisia jonkin probleemin ratkaisemiseksi suunniteltuja ja usean tutkijan yhteistyössä tehtäväksi tarkoitettuja projekteja, toisaalta se osoittaa, missä tällaisen Baconilaisen faktojen keräämisen ohjelman heikkous 1600-luvulla piili. Ennen jotain ennakkonäkemyistä kiteiden rakentumisen perusfysiikasta, ennen koeteltaviksi mahdollisten kiderakenteen hypoteesien esittämistä, tulisi ohjelman toteutusyritys todennäköisesti antamaan vailla paljoakaan arvoa olevan luettelon ilmiöistä. Tällaisen ennakkonäkemys hankkiminen kävi aikanaan mahdolliseksi vain siten, että 'hyökkäystä' ei tehty suoraan kiteiden syntymisen, vaan yleisemmin aineen mikrorakenteen selvittämiseksi.

Hooken havainnot jään ja lumihutaleiden kuvioista

Descartesin ohella mainitaan Hooke toiseksi merkittäväksi 1600-luvulla lumikiteistä ja jääkiteistä omiin havaintoihinsa perustuvia kuvia julkaiseeksi henkilöksi. Tämän Hooke tekee *Micrographia*-teoksensa Observaatioissa 14: "Erlaisista jääkuvioista". Hooke alkaa kertomalla, että monena aamuna, kun yöllä on langennut paljon härmää, hän on sitä mikroskoopilla tutkinut, ja havainnut nuo 'kiteiset hahtuvat' kuusikulmisen prisman muotoisiksi kappaleiksi. Hooke kertoo esittelevänsä muutamia tällaisia kuvioita koskevia havaintojaan, jotka saattavat antaa valaistusta edellisissä observaatioissa kerrotulle:

*Antaen lumen sataa mustalle kankaanpalalle tai mustalle hatulle olen suuresti iloiten usein havainnut niin äärettömän moninaisia ihmeellisiä lumikuvioita, että niiden kaikkien kuvioiden ja muotojen piirtäminen olisi yhtä mahdotonta kuin yhdenkään kohdalla luonnon hämmästyttävän ja geometrisen mekanismin tarkka jäljentäminen. Olen liittänyt kahdeksannen skeeman toiseen kuvaan muutamia karkeita luonnoksia, sellaisia kuin ilman kylmyys ja tähän tarkoitukseen vaillinaisesti sopivat mukanani olleet välineet minulle sallivat.*


*Kaikki havaitsemani muodoltaan vähintäkään säännölliset álumihutaleetñ haarautuivat aina keskuksesta kuuteen saman pituiseen, muotoiseen ja rakenteiseen päähaaraan, joista jokainen muodosti kummallakin puolellaan olevan haaran kanssa kuudenkymmenen asteen kulman. Enimmäkseen nämä haarat olivat samassa hiutaleessa täsmälleen samanlaisia rakenteeltaan, mutta eri kuvioissa ne olivat ratki erilaisia, joten hetkessä olin havainnut toista sataa näiden tähtimäisten hiutaleiden erilaista kokoa ja muotoa.*

*Kun havaitsin joitain näistä kuviohiutaleista mikroskoopilla, totesin, että ne eivät näyttäneet niin ihmeellisen tarkoin muotoilluilta kuin olisi saattanut kuvitella .... Tämä epäsäännöllisyys näyttää kuitenkin olevan seuraus hiutaleen sulamisesta ja murtumisesta sen pudotessa, eikä mistään luonnon muovaamiskyvyn puutteesta. ... Olen kuitenkin ylen taipuvainen ajattelemaan, että mikäli pystyisimme jotain niistä mikroskoopilla katselemaan, kun ne ylhäällä pilvissä syntyvät ennen niiden muotojen turmeltumista ulkoisissa sattumuksissa, niin siellä ne osoittautusivat tuiki ihmeteltäviksi ja sieviksi, vaikka niitä miten paljon suurennettaisiin. Olen nimittäin havainnut suolojen ja mineraalien muodostamien kuvioiden joskus olevan niin äärimmäisen pieniä, että tuskin olen pystynyt niitä mikroskoopilla havaitsemaan, mutta kuitenkin ne ovat olleet säännöllisiä ... , ja tämän takia en pidä irrationaalisena olettaa, että myös nuo sievästi muotoillut lumitähtöset voivat syntyessään olla alunperin hyvin säännöllisiä ja tarkkoja.*

Newtonilainen kiteiden teoria

Kiteiden ja myös erityisesti lumihutaleiden muodon määräävät





geometrisoivat periaatteet yritettiin liittää aineen kemiallisiin ominaisuuksiin. 1600-luvun jälkipuoliskolla ajateltiin yleisesti, että "suolainen periaate" on kappaleiden kiinteyden aiheuttaja. Kun kiteet eriytyvät liuoksista, niin kyseessä oleva erityinen suola saa aikaan kiteen muodon.

Christiaan Huygens selostaa kideopillisia kokeitaan teoksessaan *Traité de la lumière* (1690):

*On monia kappaleita, kasveja, mineraaleja ja kätöksissä olevia suoloja, jotka rakentuvat tietyn säännöllisin kulmin ja kuvioin. Niinpä kukkien joukossa on monia, joiden lehdet on järjestetty säännöllisiksi monikulmioiksi, joissa sivujen lukumäärä on 3, 4, 5 tai 6, mutta ei useampaa. Tätä sietää tutkia, sekä muotoa että monikulmiomaisuutta ja myös syytä siihen, että lukua 6 ei ylitetä.*

*... Pienet lumihitaleet laskeutuvat miltei aina pieninä kuusisakaraisina tähtinä ja joskus suoraviivaisina kuusikulmioina. Olen myös usein havainnut jäätyvässä vedessä jonkinlaisen tasaisen ja ohuen jääkalvon, jonka keskiruodosta lähtee 60 asteen kulman muodostavia haaroja. Kaikki nämä asiat ovat huolellisen tutkimisen arvoisia, jotta meille selviäisi, kuinka ja mitä keinoja käyttäen luonto tässä toimii. ... Näyttää siltä, että näissä aikaansaannoksissa ilmenevä säännöllisyys on yleisesti peräisin niiden muodostajina olevien pienten näkymättömien saman suuruisten partikkeleiden sijoittumisesta.*

Edellä on kerrottu 1600-luvun kolmen tiedemiehen ja luonnonfilosofin, Keplerin, Descartesin ja Hookeen ajatuksia lumikiteistä ja niiden synnyn mekaniikasta. Oman aikamme perspektiivistä katsoen näyttävät Descartesin ja Hookeen 'mekaniset' näkemykset aineen mikrorakenteesta olevan lähempänä oikeaksi luonnehdittavaa kuvaa kuin Keplerin mielikuvittelliset spekulatiot Maan lämmön kauniista kuolemasta. Yhden asian kohdalla Kepler oli kuitenkin tarkkavaistoinen. Sekä Descartes että Hooke yrittivät selittää lumihitaleiden synnyn kovin triviaalien mekaniikoiden avulla. Kepler sen sijaan ymmärsi, että tällaiset selitykset ovat riittämättömiä; tarvitaan jokin kiteissä ja lumihitaleissa itsessään oleva säännöllisten kuvioiden muodostamisen kyky. Kepler ei uskonut kyvyn olevan peräisin hiukkasista, joista lumihitaleet rakentuvat, vaan oletti sen synnyttäjäksi jonkin 'kokonaisvaltaisen' kyvyn, jonka suoranaistena päämääränä on kauniin muodon antaminen lumihitaleille.

Isaac Newton introdusoi fysikaaliseen tieteeseen sittemmin monin tavoin muuntuneen mutta perusidealtaan säilyneen ajatuksen aineen pienimpien hiukkasten välisistä voimista materiaalistien ilmiöiden selittäjänä, oli. Eräitä vaikutteita tälle kosmologialle on antanut kiteiden ja jopa lumihitaleiden tutkimus. Hookeen esittämästä säännöllisten muotojen teoriasta Newton kirjoittaa:

*Kaikkia kappaleiden säännöllisiä muotoja voi jäljitellä tasasivuisien kolmioiden yhdistelmillä. Niiden aiheuttajina ehkä ovat palloset, jotka luonnonmukaisesti asettuvat tuohon muotoon. ... Ja kappaleet muodostuvat asettamalla sopivasti tuollaisia kerroksia toistensa päälle.*

*Vallan ihailtavan merkillinen kuvio ... Sen kuusi haaraa eivät kaikki ole täsmälleen toistensa kaltaisia eivätkä pituisia, kuten ne ovat lumikuvioissa, joita samassa lumessa [=lumisateessa?] esiintyy monenlaisina muunnoksina.*

Pääteostaan *Principia* kirjoittaessaan Newton pohti paljon kysymystä, että taivaankappaleiden liikkeen selittävän gravitaatiovoiman kaltaiset voimat kelpaisivat monien muidenkin luonnonilmiöiden selittämiseen. Aihetta Newton käsittelee keuhällä 1687 kirjoittamassaan *Principian* 'konklusioksi' tarkoitetussa käsikirjoituksessa:

*Voimat, jotka liittävät yhteen lähellä toisiaan sijaitsevia hiukkasia ja ajavat kauempana olevia etäännyttämään toisistaan, eivät nimittäin luonnollisia kappaleita rakentaessaan kokoa noita partikkeleita yhteen soraläjän tavoin, vaan keräävät ne erittäin säännöllisiksi keuhotekoisesti valmistettujen kaltaisiksi rakenteiksi, kuten muodostaessaan lunta ja suoloja. Täten voi geometrian lakien mukaisesti muodostaa hyvin pitkiä ja elastisia sauvoja, sauvoja yhdistämällä verkkomaisia hiukkasia, näiden yhdistelminä suurempia partikkeleita ja lopulta havaittavissa olevia kappaleita.*



Partikkelien välisistä poisto- ja vetovoimista sekä kemiallisten että muiden ilmiöiden selittäjinä löytyy tunnetuin ja eniten vaikuttanut esitys löytyy Newtonin Optiikan 31. kysymyksestä:

*Materian pienimmät partikkelit voivat nyt voimakkaimmilla vetovoimilla liittyä toisiinsa ja rakentaa suurempia heikkovoimaisempia partikkeleita, ja monet tällaiset voivat liittyä yhteen ja rakentaa suurempia partikkeleita, joiden voima on vielä heikompi. Tämä voi jatkua monina askelmina, kunnes portaat päättyvät suurimpiin partikkeleihin, joista kemialliset operaatiot ja luonnollisten kappaleiden värit riippuvat, ja jotka toisiinsa liittymällä rakentavat havaittavan kokoisia kappaleita. ...*

Perusteellisimman esityksen keskeisvoimien hallitsemasta maailmasta antoi dubrovnikilainen, pääasiassa Italiassa toiminut jesuiittaoppinut Roger Joseph Boscovich (1711-1787). Vuonna 1758 ilmestyneessä teoksessaan *Philosophiae naturalis theoria* ... Boscovich kehittää ideaa, jonka mukaan atomit ovat pistemäisiä voimakkeuksia. Boscovich oli saanut vaikutteita ennen kaikkea Newtonin Optiikka -teoksesta. Sen mukaisella tavalla hän kuvailee olettamiaan voimia. Useiden partikkeleiden muodostamista stabiileista systeemeistä Boscovich kirjoittaa:

*Neljä pistettä, jotka eivät sijaitse samassa tasossa, voivat sijaita siten, että ne hyvin kiinteästi säilyttävät suhteelliset asemansa ... ne voivat muodostaa säännöllisen pyramidin ... joka muotonsa suhteen on kaikkein kiintein.*


*Näistä äpisteistä ... voi muodostaa primäärisiä partikkeleita. ... Näistä ensimmäisen kertaluvun partikkeleista voi muodostaa toisen kertaluvun partikkeleita, muodoltaan hieman vähemmän pysyviä, ja niin edelleen. ...*

*Kiinteyttä varten tarvittavista partikkeleista löydämme helposti syyn kiinteisiin kappaleisiin liittyvään ilmiöön, joka antaa fyysikoille aiheen suureen ihmettelyyn. Tämä on järjestäytyminen tiettyihin erityisiin muotoihin, jotka erityisesti suoloissa näytävät aivan vakioisilta. Jään ja aivan erityisesti tähdenkaltaisten lumihutaleiden tapauksessa muodot ovat ihmeteltävän kauniita, ja ne toteuttavat tiettyjä määrättyjä lakeja, jollaisia vakiomuotoon liittyneinä kohtaamme myös kiteiden yksinkertaisissa rakennusosissa.*


#### Lumihutaleita koskevan tiedon mahdollisuus

Seitsemännentoista vuosisadan moninaisten kosmologisten virtausten tarkastelija ei voi olla hämmästelemättä, miten hyvin ajalle ominaiset tieteen maailmankuvan ja metodiikan vaihtelut heijastuvat jo lumihutaleista omaksutuissa ajatuksissa. Näkemykset Maapallon sielusta ja sielun omaavan olioiden forman määräytymisestä geometrinen arkkityyppien perusteella löydämme jo Keplerin lumihutaleiden muotoa koskevista ajatuksista. Karteesiolaisten ajatukset mekaanisten törmäysten hallitsemasta maailmasta kuvastuvat heidän kuvitelmissaan lumihutaleiden synnystä. Kemiallisen kosmologian ja erityisesti sen mukaisen meteorologian keskeiset ajatukset liittyivät jäätymisilmiön syhyyn, suolojen universaaliseen merkitykseen ja tätä kautta myös lumihutaleiden muotoihin. Robert Hooken ja yleisemmin *Royal Society*'n vakaumukset induktiivisesta metodista totuuksien löytäjänä johti mikroskooppisten havaintojen merkityksen painottamiseen. Newtonin teoriat hiukkasten välisistä voimista maailmanselityksen avaimena perustuivat monien muiden juuriensa ohella myös ainakin hiukkasen verran lumihutaleiden muotojen arvoitukseen.


1600-luvun lopulla kuitenkin hiipui kiinnostus lumihutaleisiin ja muihinkin kylmyyttä ja veden jäätymisilmiöitä koskeviin spekulatioihin. Keplerin lumihutalehaaveilujen unohtuminen tiedehistorian kummallisuuksien kabinettiin ei ketään hämmästyttäne. Descartesin kohdalla asia on ambivalentimpi. Toisaalta on selvää, että hänen järjestyksensä lumihutaleiden synnystä tuomittiin epäuskottavaksi samalla kuin muukin hänen yksinkertaistettu mekanistinen luonnonfilosofiansa syrjäytyi; toisaalta tuntuu oudolta, että samalla myös hänen asialliset ja täsmälliset havaintonsa 'lakaistiin maton alle' Kenties tämä on esimerkki siitä, että havaintoja pidetään muistamisen arvoisina vain silloin, kun ne mukavasti sijoittuvat omaksutun fyysikaalisen maailmankuvan puitteisiin. Newtonin ja hänen seuraajiensa ajatukset partikkelien välisistä voimista mm. kide- ja muotojen aikaansaajina antoivat pohjan seuraavalla vuosisadalla nousseelle kide- ja muotojen tutkimukselle. Palaamme tähän kohtaan. Sen




sijaan tähän kiteiden muodon selitysyrytykseen 1600-luvulla liittynyt suojojen filosofia ja erityisesti 'nitrimeteorologia' romahtivat 1700-luvulla. Nitrimeteorologian syrjäytymiseen on arvatavasti voimakkaimmin vaikuttanut yleinen kemiallisen tiedon lisääntyminen ja metodien täsmentyminen.




Miksi ei monen suuren tiedemiehen kiinnostus lumihiiutaleisiin saanut aikaan mitään merkittävämpää itse lumihiiutaleita koskevaa tietoa. Miksi ei lumihiiutaleiden tutkimisesta ja niitä koskevasta spekulatiosta kasvanut samanlaista tieteen kokonaisuutta eteenpäin kuljettavaa säiettä kuin vaikkapa planeettaliikkeen teoriasta? Planeettaliikkeen tutkimiseen liittyi monia varsin esoteeriselta tuntuvia kysymyksiä, vaikkapa kysymys Jupiterin kuiden liikkeistä, Saturnuksen renkaiden rakenteesta tai Kuun liikkeen detaljeista. Miksi nämä veivät tiedettä toisella tavalla eteenpäin ja rakentuivat toisella tavalla yhtenäiseksi tieteen kuin 'oppi lumihiiutaleista'? Missä nimenomaisessa sanan 'tärkeä' mielessä planeettaliikkeen teoria oli tärkeämpi kuin lumihiiutaleiden teoria?



Lumihiiutaleista esitetyt näkemykset heijastivat tuolloin yllättävän monipuolisesti fysikaalisen maailmankuvan muutoksia. Juuri niin: heijastivat. Maailmankuvien muuttuessa lumihiiutaleista omaksutut käsitykset hypelivät keveästi maailmankuvasta toiseen. Planeettaliikkeestä omaksutut käsitykset sen sijaan eivät heijastaneet maailmankuvia; ne loivat maailmankuvia. Tämä on seurausta siitä, että planeettaliikkeen teorioista muotoutui autonominen tiede: planeettojen liikettä pystyttiin tutkimaan ja sen lait pystyttiin löytämään sellaisenaan, muille tiedon aloille ja muiden fysikaalisten systeemien käyttäytymiseen juurikaan vilkuilematta. Näin ei ollut lumikidetutkimuksen laita: pelkästään lumikiteitä tutkimalla ei niiden rakenteesta olisi päästy juuri minkäänlaiseen ymmärrykseen. Otaksuttavasti ratkaiseva syy sekä lumihiiutalespekulaation että yleisemmin kylmyyttä ja veden jäätymistä koskevan tutkimuksen syrjäytymiseen oli peräisin 'itsestään luonnosta'. 1600-luvun fyysikoilla ei ollut mitään mahdollisuutta todella ymmärtää näitä luonnonilmiöitä. Tällaista ymmärtämistä varten tarvittiin paljon tietoa aineen rakenteesta, ja tuon tiedon saamiseksi täytyi kulkea pitkä tie.



Ennen kiderakenteen tehokkaan teorian rakentamista tarvittiin mikrofysikaalisten ja sähköisten voimien teoria, jota vuorostaan ei olisi pystytty rakentamaan ennen planeettaliikkeen ja gravitaation yhteydessä kehitettyjä käsitteitä ja matemaattisia menetelmiä. Maan päällä vallitseviin olosuhteisiin kasvaneen ihmisen perspektiivistä katsoen luonnonilmiöt muodostavat tietyllä tavalla hierarkisen systeemin, jossa asiat on pakko keksiä tietyssä järjestyksessä, ja planeettaliikkeen teoria oli pakko kehittää ennen lumihiiutaleita hallitsevien voimien teoriaa. Tämän takia lumihiiutaleet sellaisinaan eivät muodostaneet tutkimuskohdetta, joka olisi pystynyt kuljettamaan etenevää tiedettä.



*Kirjoittaja on Helsingin yliopiston historian didaktiikan dosentti. Hän toimi vuonna 1993 asetetun Humanistis-yhteiskuntatieteellisen yleissivistyksen komitean pääsihteerinä.*

