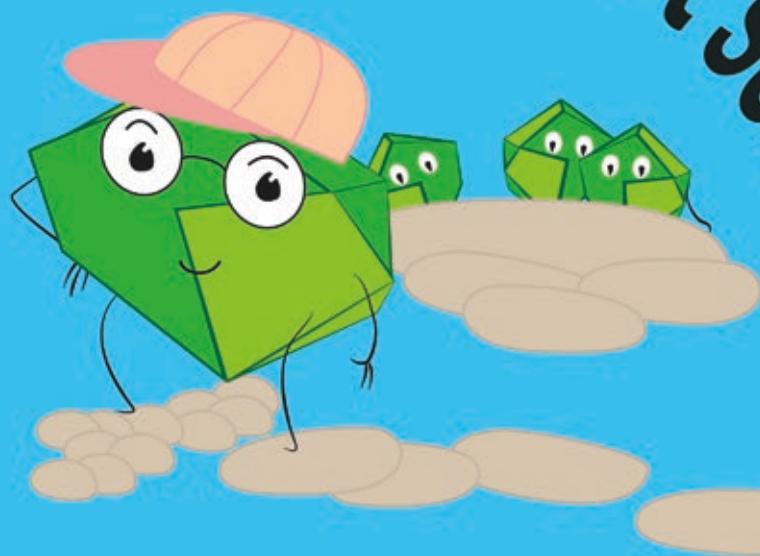




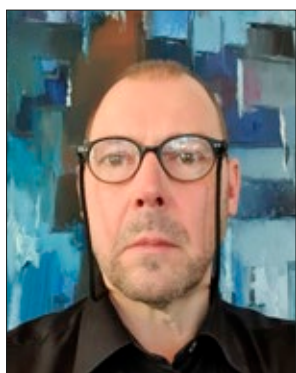
Hipsu Hüilen ihmeelliset seikkailut



ARVOSTETTU LUKIJAMME



TUOMO TIAINEN



KARI PIENIMÄKI

KÄDESSÄSI on tarina Hipsu Hiilestä, pienen pienestä hiiliatomista, joka etsi mieluisinta kotiyhteisöään maailmalta. Kuten kaikilla tari-noilla, tälläkin on oma historiansa ja tehtävänsä ajassamme.

Materia-lehden toimituksessa on lukijakuntamme ikääntymistä pohdittu jo pitkään. Miettiessämme keinoja nuoremman polven saamiseksi mukaan jäsenistöömme heräsi ajatus kevyemmän tietejournalismin keinoin tehtävästä erikoisnumerosta. Tuloksena syntyi numero 3/2019. Sen tarkoitus on palvella aikaa kestävästi myös ns. ”normaaleja ihmisiä”, joilla ei vielä ole syvällistä oppineisuutta alaltamme. Ideoinnin yhteydessä esiin tuli myös ajatus yhdistää raskaan sarjan metallurgista osaamista sarjakuvamaiseen tarinankerrontaan, jolloin tarinoiden pedagogiset tavoitteet voitaisiin saavuttaa ikään kuin huomaamatta.

Hipsu Hiilen tarinan suuntaan johtivat erilliset pienet kertomukset, jotka ilmestyivät Materia-lehdessä numerosta 5/2014 alkaen. Niissä kuvattiin kevyeen pakinamaiseen tyyliin erilaisia metallimateriaalien maailmassa esiintyviä ilmiöitä, jotka kertomusten päähenkilö, vanha metallurgi löysi hääriessään aikaisemman ammattinsa ja nykyisen harrastuksensa parissa. Tavoitteena oli kuvata noita ilmiöitä tavalla, joka saisi lukijankin kiinnostumaan ja etsimään niistä syvällisempää tietoa metallien kiehtovasta maailmasta.

Lopullisen sysäyksen Hipsu Hiilen synnylle antoi Materia-lehden toimitusneuvoston seniorijäsen, nyt jo edesmennyt Matti Palperi eräässä toimitusneuvoston kokouksessa. Yksi hänen lauseensa jäi soimaan toimittaja Tuomon mieleen: ”Olisi hauska lukea jonkin olennon seikkailuista vaikkapa metalliseosten tasapainopiirroksissa.” Tuo lause jäi soimaan eikä antanut rauhaa ennen kuin Hipsu Hiilen tarina alkoi hahmottua.

Hipsu Hiilen tarina koostuu kahdestakymmenestä Materia-lehden numeroissa 2/2018 – 2/2022 ilmestyneestä jaksosta, jotka on jo alun perin kirjoitettu pitemmän tarinan osiksi. Sarjan päätyttyä jaksot päätettiin koota yhteen käsissäsi olevaksi vihkoseksi. Kuvalliset hahmot Hipsulle ja hänen kumppaneilleen antoi taitava kuvittaja Sofi Perikangas.

Hiiliatomi oli luonteva valinta seikkailevaksi olennoksi. Vaikka se on kaiken elollisen perusrakennusyksikkö, on sillä merkittävä osa myös monien elottomien materiaalien kuten metalliseosten rakenteen ja käyttäytymisen muodostumisessa. Pelkät hiiliatomitkin voivat muodostaa keskenään hyvin monimuotoisia materiaaleja poikkeuksellisin ominaisuuksin. Nämä kaikki Hipsu kohtasi matkallaan.

Toivomme mahdollisimman monen alamme tulevaisuuden tieteenharjoittajan kertovan saaneensa inspiraation hakeutua alalle kuullessaan lapsena Hipsu Hiilen seikkailuista iltasaduissaan.

Lähde siis Hipsun matkaan ja nauti kokemastasi!

TUOMO TIAINEN, KARI PIENIMÄKI



JULKAISIJA / PUBLISHER Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y. Materia-lehden erillispainos 2023 ISSN 1459-9694 www.vuorimiesyhdistys.fi | LEVIKKI n. 5000 kpl | VAST. PÄÄTOIMITTAJA / EDITOR IN CHIEF DI Kari Pienimäki 040 527 2510 Metso Outotec kari.pienimaki@mogroup.com, TOIMITUSSIHTEERI / MANAGING EDITOR DI Leena K. Vanhatalo 050 383 4163 leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi | ERIKOISTOIMITTAJA / SPECIALIST TkT, prof.(emer.) Tuomo Tiainen 050 439 6630 tuomo.j.tiainen@gmail.com, KUVITTAJA/KUVITTAJA TaM Sofi Perikangas, sofi.perikangas@gmail.com PAINO/ PRINTING HOUSE Lehtisepät Oy, Lahti | TAITTO Risto Mikander, Mediasepät Studio

KUVITTAJALTA



SOFI PERIKANGAS

OLEN muotoilija ja muotoilun tutkija, jonka intohimona ovat aina olleet kuvitetut sadut ja tarinat. Kuvittaminen on minulle tapa kokeilla erilaisia piirrostylejä, sillä saan kuvittaessani aina keksiä uusia tapoja, kuinka parhaiten esittäisin kirjoittajien mielikuvitusmaailmaa.

Tuomon Hipsu Hiili -tarinat ovat olleet kiinnostava aihe. Hahmot, jotka seikkailevat Tasapainomaassa, ovat hyvin pieniä ja ihmismäisille jopa näkymättömiä, sillä ne ovat atomeja. Silti koko materiaalinen, näkyvä maailmamme koostuu atomeista. Olen yrittänyt keksiä tarinoissa seikkaileville atomihahmoille hauskoja ja katsojalle mielenkiintoisia olomuotoja, jotka innostaisivat omalta osaltaan lukijaa kiinnostumaan alkuaineiden ihmeellisestä maailmasta. Juuri niin minulle on käynyt Tuomon tarinoita lukiessani.



Osa 1. Lajitovereita tervehtimässä

HIPSU HIILI oli pienempi hiiliatomi, joka oli hiukan muista poikkeava. Se oli kyllä luonteeltaan iloinen ja seurallinen, mutta se ei oikein halunnut sitoutua mihinkään. Se tykkäsi kuljeskella yksin ja tarkkailla ympäristöään osallistumatta sen kummemmin näemiinsä toimintoihin tai rakennelmiin. Hipsu kykeni lisäksi kasvamaan mielikuvituksessaan kokoaan suuremmaksi, jonka ansiosta se pystyi tarkastelemaan ympäristöään laajemmaltikin. Se tiesi myös, että hiiliatomeja oli hirveän paljon ja että ne olivat jotenkin kaiken olevaisen ja elävän perustana.

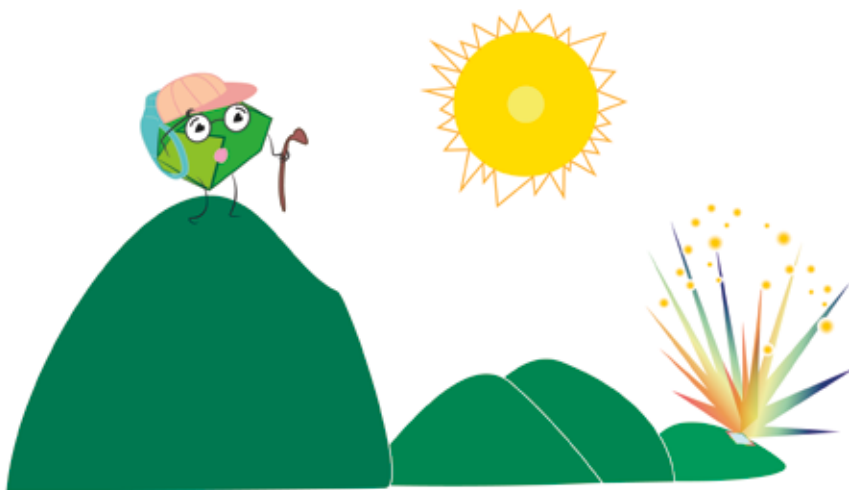
Eräänä päivänä Hipsu päätti lähteä tutkimaan, millaisissa yhteisöissä sen lajitoverit oleilivat. Se suurensi kokonsa, lähti vihellelleen matkaan ja kulki pitkin maita ja mantuja. Erään aktivaatioenergiakukkulan huipulta se näki kaukaisuudessa kimaltavan kappaleen, joka välkähteli ja suorastaan säihkyi auringossa. Kulkiessaan lähemmäksi Hipsu huomasi, että kappale oli suuri ja läpikuultavan kirkas. Valo heijastui kappaleen pinnoista ja taistui sen sisäosista kaikissa sateenkaaren väreissä. Siinäpä olikin näkemistä.

Aivan lähelle tultuaan kokonsa normaaliksi pienentänyt Hipsu näki, että kappale koostui pelkästään toisiinsa sitoutuneista hiiliatomeista. Jokainen hiiliatomi oli kiinnittynyt kaikilla käsivarsillaan kaksois-

sidoksin lähimpiin naapureihinsa siten, että atomit sijaitsivat nelisivuisen, kolmioista koostuvan pyramidin eli tetraedrin kärjissä. Kun jokainen atomi oli näin sitoutunut, muodostui ryhmittymä säännölliseksi kolmiulotteiseksi verkostoksi, joka toistui samanaikaisena koko kappaleessa. Kappaleen eri osien välillä oli eroja vain verkoston suuntautumisessa; siitä erot valon taantumisessa.

”Hei”, huudahti Hipsu kappaleen hiiliatomeille. ”Mistä te tulette ja miksi olette tehneet tuollaisen rakenteen? Se on kyllä kaunis!” ”Me olemme tulleet syvältä maan uumenista”, vastasivat lähimmät hiiliatomit kuorossa. ”Tämä kappale ja sen sisäinen järjestys syntyi siellä kovassa paineessa ja hirvittävässä kuumuudessa. Tulivuorten magmavirtaukset nostivat meidät maan pinnalle”, kertoi hiiliatomien kuoro edelleen toisten nyökytellessä päätään.

”Ankan syntymäprosessimme vuoksi olemme kiinnittyneet toisiimme niin lujasti, että irti pääseminen tai mukaan liittyminen on mahdotonta. Siksi olemmekin kovin luonnon muodostamista materiaaleista eikä tätä kappaletta voi murtaa”, jatkoivat hiiliatomit. ”Olemme myös hyvin harvinaisia ja kauneutemme vuoksi meistä suorastaan kilpaillaan”, ne kertoivat edelleen ylpeinä. ”Pääsemme maailman hienoimpiin



”Hipsu näki kaukaisuudessa kimaltavan kappaleen, joka välkähteli ja suorastaan säihkyi auringossa. Kulkiessaan lähemmäksi Hipsu huomasi, että kappale oli suuri ja läpikuultavan kirkas. Valo heijastui kappaleen pinnoista ja taistui sen sisäosista kaikissa sateenkaaren väreissä.”

piireihin ja loistokkaimpiin tapahtumiin. Meitä ostetaan ja myydään kalliilla hinnalla ja varjellaan suorastaan mustasukkaisesti”, ne jatkoivat leuhkimistaan.

”Jaha, vai niin”, tuumi Hipsu ja äkkiä sitä suoraan puistatti. Kannattiko kaiken tuon takia sitoutua ikiajoiksi paikalleen ilman mitään mahdollisuutta kulkea vapaasti ja mennä sinne, mihin itse halusi? ”Ei ole minun heiniäni”, päätteli Hipsu ja valmistautui jatkamaan matkaansa. ”Ota minut mukaan”, huusi yksi kappaleen reunalla olevista hiiliatomeista, mutta eiväthän sen kumppanit sitä mihinkään päästäneet. Hipsu muuttui suuremmaksi, lähti ja loittoni kappaleesta huutojen vähitellen vaimentuessa.

Kulkiessaan erään kukkulan rinnettä alaspäin Hipsu yhtäkkiä liukastui, vaikka maa oli täysin sula. Se katsoi alas ja huomasi, että vaikka alla oleva maa oli kiinteää, tuntui sen pinta liukkaalta. Maa oli lisäksi värliltään ihan mustaa ja heikosti kiiltävää. Hipsu pieneni normaaliin kokoonsa ja alkoi tutkia pinnan rakennetta.

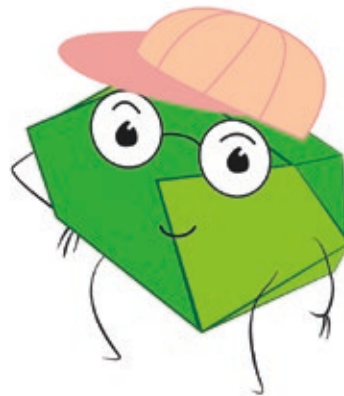
Mikä yllätys: pinta koostui jälleen pelkistä hiiliatomeista samoin kuin Hipsun äsken taakseen jättämä kirkas kappalekin. Nyt hiiliatomit eivät kuitenkaan olleet käyttäneet kaikkia käsivarsiaan sitoutuakseen toisiinsa, vaan osa sidoksista oli vain yksinkertaisia. Syntynyt rakenne koostui samassa tasossa sijaitsevista kuusikulmaisista atomirenkaista, jotka liittyivät toisiinsa tasossa olevin kaksoissidoksin yhden atomikerroksen paksuiseksi levyksi. Vapaaksi jääneet sidoskäsivarret sitoivat levyjä sieltä täältä toisiinsa yksinkertaisin sidoksin.

Hipsu huomasi, että sen jäljissä atomikerroslevyt olivat liukuneet toisiinsa nähden ja toimineet ikään kuin kelkkana liukumäessä. ”Ei ihme, että liukastuin”, tuumi Hipsu ja kysyi lähellä olevilta atomeilta: ”Mistä te tulette ja miksi on järjestyksenne tällainen?” Päälimmäisen kerroksen atomit vastasivat sekakuorona: ”Tämä on yleisin kiinteän hiilen atomien järjestys. Me olemme syntyneet maan sisässä sen pinnan lähellä eloperäisen aineksen puristumisen ja hapettoman tilan hiiltymisen seurauksena. Muodostamme pehmeän, hiukan rasvamaisen ja pinnaltaan liukkaan rakenteen, joka toimii hyvin esimerkiksi kuivavoiteluaineena. Se kestää myös korkeita lämpötiloja ja jopa sulia metalleja, kunhan noita happiatomien pahalai-

sia ei ole liiaksi lähellä. Sitä voi käyttää myös kirjoittamiseen, kun paperia vasten painettaessa uloimmat atomikerrokset irtoavat ja jättävät paperiin pysyvän jäljen kynän liikuessa.”

”Tämäpä merkillistä”, tuumi Hipsu. ”Samat atomit, mutta erilainen pinousjärjestys ja täysin erilaiset materiaalit”. Se ymmärsi kuitenkin, että myös nyt hiiliatomit olivat sitoutuneet rakenteeseen siinä määrin lujasti, ettei irti voinut päästä muuten kuin kokonaisuina atomikerroslevyvinä. Se päätteli, ettei tämäkään ollut hänen juttunsa, kasvatti kokonsa ja lähti kohti uusia seikkailuja.

Matkansa alkutaipaleella Hipsu oli tavannut kaksi kiinteän hiilen allotrooppista muotoa, timantin ja grafiitin. Jotenkin se tunsi, että nähtävää olisi tarjolla vielä paljon enemmänkin ja päätti siksi jatkaa vaellustaan. Siitä, mitä kaikkea se matkansa jatkuessa näki ja koki, kerrotaan seuraavissa tarinoissa. ▲



Osa 2: Nanorakenteita ja niiden kummallisuuksia

SELVITYYÄÄN GRAFIITTIRINTEESTÄ (katso osa 1 numerosta 2/2018) enempiä liukastelematta pienen pieni hiiliatomi Hipsu Hiili jatkoi matkaansa ihmettelevin mielin. ”Miten kummallista”, se pohti mielessään. ”Samat hiiliatomit, mutta eri tavoin kokoamalla niistä syntyvät täysin erilaiset materiaalit, timantti ja grafiitti. Miten se on mahdollista?” Eipä arvannut Hipsu, että tähän asti nähty ja koettu oli vasta alkua.

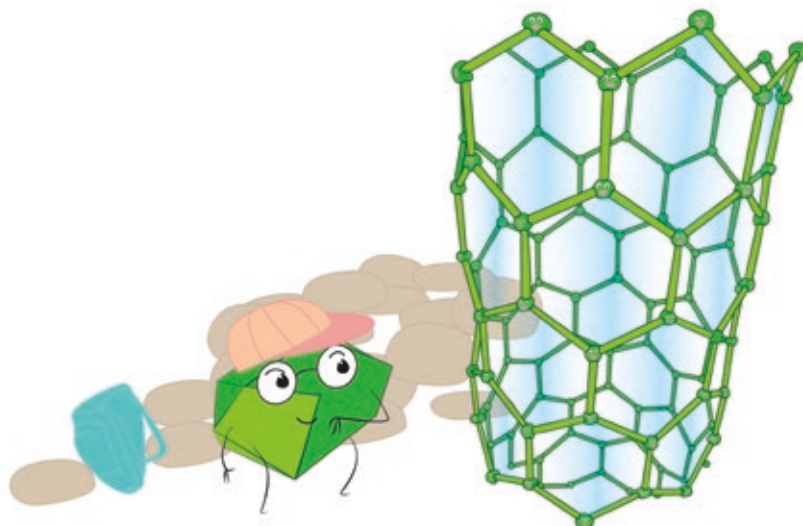
Kulkiessaan eteenpäin Hipsusta alkoi tuntua siltä, että sen ympäristössä alkoi olla jotakin, josta ei oikein saanut selvää havaintoa. Häivähdys silmänurkassa, kahahdus siellä, lepattavan oloinen liike tuolla. Tarkemmin katsoessaan se ei kuitenkaan nähnyt tai kuullut mitään erikoista. Matkan jatkuessa tuntemukset vain lisääntyivät. Lopulta tilanne alkoi vaivata Hipsua siinä määrin, että se päätti palata alkuperäiseen pieneen kokoonsa ja katsoa, saisiko se tällä tavalla selvää siitä, mitä oli meneillään.

Ja toden totta: alkuperäisessä atomikoossaan Hipsu näki kaikkialla ympärillään toisista hiiliatomeista koostuvia, yhden atomikerroksen paksuisia lakana-maisia kalvoja. Ne olivat valoa läpäiseviä, läpinäkyviä ja siksi niitä oli vaikea nähdä ja havaita. Niitä oli kaiken kokoisia pienistä hiutaleista aina lähes äärettö-

myyksiin ulottuviin saakka. Tutkiessaan tarkemmin lähintä kalvoa Hipsu huomasi hiiliatomien järjestäytyneen kalvossa samankaltaisiksi kuusikulmioiksi kuin edellä tutkimassaan grafiitissa.

”Keitä te olette ja miksi olette järjestäytyneet noin?”, kysyi Hipsu lähimmän kalvon atomeilta. ”Me olemme grafeeni, hiilen kolmas allotrooppinen muoto”, vastasivat kalvon atomit hyvin viritetyn kuoron tavoin. ”Me olemme terästä lujempia, joustavia sekä erittäin hyviä sähkön- ja lämmönjohteita. Me olemme myös hyvin kevyitä, paperi on meitä sata kertaa painavampaa. Sopivasti käsiteltynä me kykenemme melkein pä mihin vain”, julistivat grafeenikalvon atomit ylpeinä ja vahvistivat sanansa hyppimällä tahdissa saaden kalvon lepattamaan. Juuri tämä liike oli saanut aikaan Hipsun epämääräiset havainnot ja johtanut hänet grafeenin luo.

”Meistä voi rakentaa lähes kaikkea kuviteltavissa olevaa”, jatkoivat grafeenin atomit. ”Pinoamalla meitä päällekkäin miljoonina ja miljoonina kerroksina syntyy grafiitti. Sopivasti käsittelemällä meistä voi tehdä nopeita transistoreja, virtakytkimiä litium-ioni-akkujen varauskapasiteetin kasvattamiseksi, kestäviä polttokennomateriaaleja, taipuisia kosketusnäyttöjä,



”Matkansa edetessä Hipsu tapasi muitakin kummallisuuksia. Ensin se kohtasi putkimaisia muodostumia, jotka lähemmin tarkasteltuina osoittautuivat olevan putkeksi rullautuneita grafeenikalvoja.”

biosähköllä toimivia tunnistimia eri aineiden tunnistamiseen ja pitoisuuksien mittaamiseen elävistä kudoksista, suodattimia kaasujen ja nesteiden erottamiseen tai meriveden suolanpoistoon, sidosaineita muiden materiaalien lujuuden parantamiseksi ja sähkönsäilytysominaisuuksiensa ansiosta niiden kehittämiseksi oikeiksi älymateriaaleiksi. Vaikka olemmekin myrkyttömiä, kykenemme kuitenkin eliminoimaan hyvinkin haitallisia bakteereja. Emme vielä itsekään tiedä, mihin kaikkeen pystymme”, lopettivat atomit hengästyneinä ja hypähtelivät taas tahdissa.

”Vai niin”, tuumi Hipsu hämmästyneenä ja osin vaikuttuneena, vaikkakaan se ei ollut varma, ymmärsikö se puoliakaan kuulemastaan. Siitä alkoi tuntua kuitenkin siltä, että grafeenin muodostavat hiiliatomit olivat hiukan liiaksi toisiinsa sitoutuneita ja itsekin tietoisia synnyttämänsä rakenteen erinomaisuudesta muodostaakseen luontevan kodin hänelle itselleen. Itsenäisenä ja seikkailunhaluisena Hipsu halusi nähdä vielä enemmän ja päätti jatkaa matkaansa.

Matkansa edetessä Hipsu tapasi muitakin kummallisuuksia. Ensin se kohtasi putkimaisia muodostumia, jotka lähemmin tarkasteltuna osoittautuivat olevan putkeksi rullautuneita grafeenikalvoja. ”Mitä tällainen putkimainen muoto tarkoittaa ja mitä te sitten osaatte?”, kysyi Hipsu lähimmän putken atomeilta. ”Me olemme grafeenista muodostuneita hiilinanoputkia ja itse asiassa meidät on löydetty aikaisemmin kuin grafeeni”, selittivät putken atomit. ”Mekin johdamme sähköä ja laservalo saa meidät pyörimään. Siksi meistä voi rakentaa kaikenlaisia pikkuriikkistäkin pienempiä koneita. Kaksi sisäkkäistä putkea pyörii toisiinsa nähden ilman merkittävää sisäistä kitkaa. Meitä voidaan käyttää myös vedyn varastoinnissa vetyakkuihin sekä optiseen tiedonsiirtoon tietotekniikassa”, kertoivat putken atomit.

Samoissa maisemissa Hipsu havaitsi myös pallomaisia muodostumia, jotka nekin näyttivät muodostuneen pallomaiseen muotoon vetäytyneistä grafeenikalvoista. Palloja lähemmin tarkastellessaan Hipsu huomasi, että pallomaisen muodon aikaansaamiseksi osa kalvon hiiliatomeista oli sitoutunut toisiinsa viiskulmaisina kuvioina grafeenin kuusikulmaisten kuvioiden lisäksi. ”Mitä tällainen pallomainen muoto tarkoittaa ja mitä te sillä tavoittelette?”, kysyi Hipsu.

Sen olisi tehnyt mieli potkaista jalkapalloa muistutavaa rakennetta, mutta pienen kokonsa vuoksi se ei siihen kyennyt.

”Me olemme fullereeneja ja meidät löydettiin nanohiilen esiintymismuodoista ensimmäisenä”, kertoivat pallon atomit. ”Hiilinanoputkia voidaan itse asiassa pitää venytettyinä fullereeneina”, ne lisäsivät. ”Me olemme magneettisia ja meistä on löydetty suprajohtavuuteen viittaavia ominaisuuksia. Meitä voidaan käyttää myös kvanttietokoneissa. Me voimme liittää itseemme kemiallisia ryhmiä ja otamme sisäämme myös vieraita atomeja, mutta emme vielä itsekään tiedä, mitä kaikkea siitä voi seurata”, ne lopettivat ja pyöräyttivät pallon vähän loitommaksi Hipsusta. Hipsu ymmärsi yskän ja jätti fullereenit omaan rauhaansa.

Vielä edetessään Hipsu kohtasi myös rakenteita, joissa hiilinanoputket ja fullereenit olivat liittyneet toisiinsa siten, että putken kyljestä näytti kasvavan ikään kuin nuppuna uuden putken alkio. Tiedustellessaan rakennelman atomeilta syitä tällaisten rakenteiden syntyyn se sai kuulla, että ne olivat nanonuppurakenteita ja ne yhdistivät fullereenien kemialliset ja hiilinanoputkien mekaaniset ja sähkönsäilytysominaisuudet. Mitä kaikkea siitä voi seurata, sitä eivät nanonuput itsekään vielä tienneet, mutta Hipsu sai kuulla nanonuppua tutkittavan ja osin myös käytettävän muun muassa elektroniikan taipuisissa kosketusnäyttöissä.

Nanomailmassa vaeltaminen oli saanut Hipsun päästään pyörälle ja fyysisesti uuvuksiin. Se halusi päästä loitolle tästä silmin näkymättömästä maailmasta ja helpommin käsitettävissä olevien asioiden pariin. Se suurensi kokonsa ja lähti leväytyään eteenpäin mietteliäin askelin. Siitä, mitä kaikkea Hipsulla oli vielä edessään, kerrotaan tarinan seuraavissa osissa. ▲

VIELÄ EDESSÄÄN HIPSU KOHTASI MYÖS RAKENTEITA, JOISSA HIILINANOPUTKET JA FULLEREENIT OLIVAT LIITTYNEET TOISIINSA SITEN, ETTÄ PUTKEN KYLJESTÄ NÄYTTI KASVAVAN IKÄÄN KUIN NUPPUNA UUDEN PUTKEN ALKIO.

Osa 3: Lasimainen ja amorfinen hiili

HIPSU HIILI, pienen pieni hiiliatomi oli edelleen etsimässä kaltaisiaan ja niiden muodostamia erilaisia yhteisöjä. Se oli jo löytänyt timantin ja grafiitin sekä nanohiilet: grafeenin, fullereenit, nanoputket ja –nuput. Silti siitä tuntui, ettei se ollut vielä löytänyt sitä yhteisöä, johon se voisi kotiutua ja jäädä pysyvästi asumaan. Niinpä se päätti jatkaa matkaansa, suurensi taas kokonsa ja lähti reippaasti liikkeelle kohti taivaan rantaa.

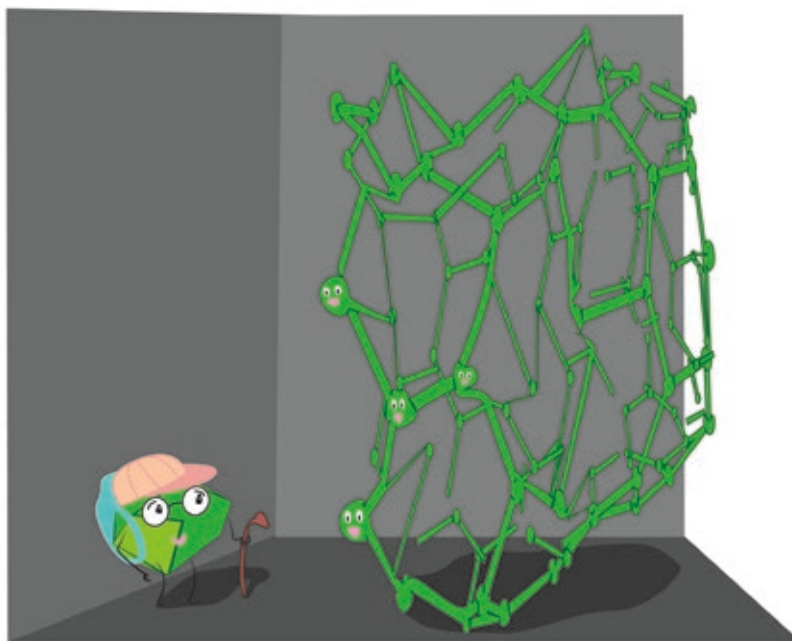
Kiivettyään jälleen kerran yhden korkean aktivaatioenergiakukkulan laelle se näki edessään alarinteessä pallon muotoisen esineen, joka lepäsi maassa. Esine oli säännöllinen, pinnaltaan sileä ja se välkähteli auringossa timantin tapaan. Väriltään se oli kuitenkin täysin musta. ”Olenko löytänyt mustan timantin?”, ihmetteli Hipsu ja kiirehti lähemmäksi.

Esineen viereen päästyään Hipsu totesi, että sen pinta oli hyvin sileä ja kiiltävä. Kopautettaessa se tuntui hyvin kovalta ja kilahti kirkkaasti. Mustasta pinnasta ei kuitenkaan voinut erottaa mitään yksityiskohtia, mutta siinä oli selvä hiilen ominaisuus. Siksi Hipsu pienensi jälleen kokonsa normaaliksi

voidakseen tarkastella esineen rakennetta yksittäisten atomien tasolta.

Se hämmästyí suuresti näkemästään. Siinä, missä kaikissa sen aikaisemmin tapaamissa yhteisöissä atomit olivat pinoutuneet hyvin säännölliseen, eri yhteisöissä erilaiseen järjestykseen, vaikutti tämän uuden kappaleen atomien pinoutuminen täydeltä sekamelskalta. Atomien väliset etäisyydet ja sidoskulmat vaihtelivat säännöttömästi eikä muutakaan säännönmukaisuutta rakenteessa ollut ensi silmäyksellä havaittavissa. Tarkemmin katsoessaan Hipsu huomasi kuitenkin, että jokainen atomi oli grafiitin tapaan sitoutunut kolmeen naapuriatomiinsa eikä timanttia vastaavia neljään naapuriin sitoutumisia löytynyt. Kappaleen rakenne muistutti tässä mielessä hiukan fullereeneja, vaikka niiden säännönmukaisuus puuttuikin täysin.

”Mitä ihmettä te haette tällaisella sekaisella ja epämääräisellä rakenteella?” kysyi Hipsu lähimmiltä hiiliatomeilta. ”Miten olette ylipäättään saaneet tällaisen aikaan ja mikä on tämän säännöttömyyden tarkoitus?” Vastaukseksi kajahti sellainen päällekkäin ja eri aikaan puhuvien äänten sekamelska, ettei Hipsu saanut sii-



”Siinä, missä kaikissa sen aikaisemmin tapaamissa yhteisöissä atomit olivat pinoutuneet hyvin säännölliseen, eri yhteisöissä erilaiseen järjestykseen, vaikutti tämän uuden kappaleen atomien pinoutuminen täydeltä sekamelskalta.”

tä mitään selkoa. Lopulta Hipsu menetti malttinsa ja karjaisi: ”Olkaa te muut hiljaa ja antakaa tämän minua lähimpänä olevan kaverin puhua!”

”Meidän rakennettamme kutsutaan lasimaiseksi tai lasinkaltaiseksi hiileksi. Se on syntynyt korkeassa lämpötilassa eräästä muovilajista tehdystä pallonmuotoisesta kappaleesta”, kertoi puhevuoron saanut atomi. ”Kaikki muut muovin atomit häipyivät pois kuumuuteen tuskastuneina, ja jäljelle jäimme vain me hiiliatomit kutakuinkin siihen järjestykseen, missä me muovissakin olimme. Oudoltahan tämä aluksi tuntui, mutta sitten huomattiin, että tällä ryhmityksellä saamme aikaan hyvin mielenkiintoisia ominaisuuksia” se jatkoi jo ylpeämmin.

”Muodostamamme rakenne on hyvin kova, se kestää hyvin korkeita lämpötiloja, johtaa hyvin lämpöä ja sähköä ja on kemiallisesti erittäin kestävä”, jatkoi puheatomia. ”Tiheytemme on pieni, kitkakerroimme on hyvin alhainen emmekä läpäise kaasuja tai nesteitä. Oikeastaan ainoa hankaluus on, että naapurit tuppavat olemaan joskus liiankin lähellä”, se kertoili. ”Koska kuitenkin jokainen sidoksemme on luja ja kiinteä, ei rakennettamme voida pitää täysin kiteettömän serkkumme eli amorfisen hiilen kaltaisena. Lisäksi meidän rakennettamme voidaan valmistaa muotokappaleina, kun amorfisen hiili valmistetaan pääasiassa ohuina pinnoitteina”, lopetti puheatomia. ”Voit tavata serkkujamme ihan tässä naapurissa”, sanoi muuan puheliaan tuntuinen atomi siitä vierestä. Sitten kaikki olivat hiljaa.

Hipsu oli yllättyneenä näkemästään ja siitä, että hiiliatomien muodostamisessa rakenteissa olisi yhä vieläkin jäljellä jotakin uutta nähtävää. Sitä ei nytkään kiinnostanut sitoutuminen lasimaisen hiilen rakenteeseen sen lujien ja kiinteiden sidosten vuoksi. Siksi se päätti taas suurentua ja lähteä etsimään amorfista hiiltä nähdäkseen, voisiko se siellä tuntea olonsa kotoisaksi.

Sen ei tarvinnut kulkea kauas. Marssiessaan pienen tehdasrakennuksen takapihan läpi se havaitsi maassa hyvin ohuita kuorimaisia ja kiiltäviä kappaleita, jotka näyttivät irronneen läheisessä kasassa lojuvien kappaleiden pinnalta. Osa kuorista oli läpinäkyviä, osa sameampia. Kiiltävästä pinnasta ei taaskaan erottanut mitään yksityiskohtia. Niinpä Hipsu hakeutui taas alkuperäiseen kokoonsa tutkiakseen kappaleiden atomirakennetta.

Kuoret koostuivat hiiliatomeista, niin kuin Hipsu oli jo nuuhkimalla päätellytkin. Pinoutumisjärjestys oli yhtä sekainen, ellei sekaisempikin kuin lasimaisessa hiilessä. Nyt Hipsu löysi tarkemmin katsellessaan kuitenkin myös yksittäisten hiiliatomien sitoutumista neljään naapuriinsa kolmeen naapuriin sitoutumisten lisäksi. Lisäksi vaikutti siltä, että läpinäkyvämmissä kuorissa oli näitä nelinkertaisia sitoutumisia enemmän. Rakenteessa näkyi myös irrallaan olevia sidoksia, jotka koko ajan etsivät uutta kumppania, sekä yksittäisiä paikoilleen kiinnittyneitä vetyatomeja.

”Tekö olette nyt sitä oikeaa amorfista hiiltä?”, kysyi Hipsu lähimmältä hiiliatomilta kuiskaten, koska se ei halunnut kohdata samanlaista äänen kakofoniaa kuin aikaisemmin. ”Kyllä olemme”, vastasi keskustelukumppani. ”Meidät erottaa lasimaisesta hiilestä siinä, että meissä on samanaikaisesti näitä nelinkertaisia sitoutumisia, kolminkertaisia sitoutumisia ja irrallaan olevia sidoksia. Irrallaan olevat sidokset voivat kiinnittyä vetyatomien välityksellä, jolloin rakenne muuttuu vankemmaksi”, se jatkoi.

”Mitä enemmän nelinkertaisia sitoutumisia meissä on, sitä enemmän muistutamme timantin ominaisuuksia. Olemme silloin tiheämpiä, hyvin kovia, läpinäkyviä ja sähköisiä eristeitä ja meitä kutsutaan tetraedriseksi amorfiseksi hiileksi. Vastaavasti enemmän kolminkertaisia sitoutumisia sisältävät rakenteet ovat lähempänä grafiittia; ne ovat keveämpiä, pehmeämpiä, sameampia ja paremmin sähköä johtavia. Sellaisia kutsutaan tavalliseksi amorfiseksi hiileksi” selitti keskustelukumppani vielä.

Hipsu ei uskonut voivansa kotiutua amorfisen hiilenkään rakenteeseen, vaikka irrallisten sidosten mahdollisesti tarjoama vapaus sitä hiukan kiinnostikin. Amorfisen hiilen rakenteessa näkemiensä vetyatomien vuoksi se tuli kuitenkin ajatelleeksi mahdollista yhteiseloa muiden aineiden atomien kanssa ja sijoittumista niiden muodostamiin yhteisöihin. Mitä enemmän se tuota vaihtoehtoa ajatteli, sen kiinnostavammalta mahdollisuus alkoi tuntua. Niinpä Hipsu suurensi taas kokonsa ja kohensi ryhtiään. Hihkaisten ”Kiitos ja näkemiin!” se lähti kohti edessään avautuvaa uutta maailmaa. Mitä Hipsu sitten näkikään ja kokikään, siitä kerrotaan seuraavissa tarinoissa. ▲

Osa 4: Matka tasapainomaahan

VAIKKA PIENEN pieni hiiliatomi Hipsu oli lähtenyt lasimaisen ja amorfisen hiilen luota rehvakkaasti ja ainakin ulospäin intoa uhkuen, se tunsu olonsa hiukan apeaksi. Se ei ollut löytänyt yhtään lajitoveriensä muodostamaa yhteisöä, johon se olisi halunnut oikeasti kiinnittyä. ”Olisi mukavaa nähdä ja kokea vielä enemmän ennen paikoilleen asettumista”, se tuumi jatkaen matkaansa hitaammin askeltaen ja ajatuksiinsa vaipuneena.

Hipsu mietti, oliko se sittenkin ollut liian yksilmäinen etsiessään kotiaan pelkästään lajitoveriensä muodostamista yhteisöistä. ”Tutustuminen erilaisiin atomeihin ja niiden muodostamiin yhteisöihin voisi tuoda kokonaan uudenlaista säpinää ja sähköä elämään”, se tuumi. ”Ainakin vetyatomit näyttivät viihtyvän hyvin amorfisen hiilen rakenteessa”, se muisteli ja päätti lähteä selvittämään tähän liittyviä mahdollisuuksia.

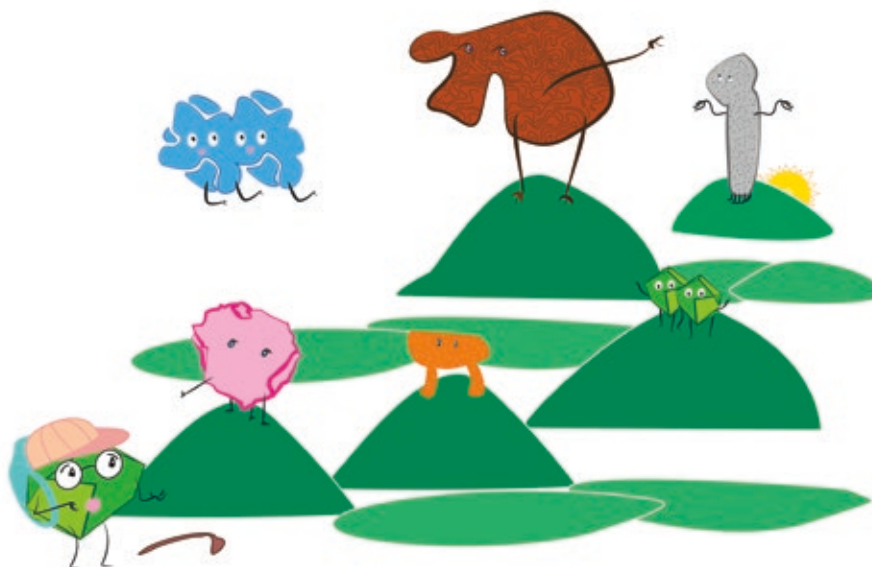
Aina kohdatessaan muunlaisista atomeista koostuvia rakenteita Hipsu kyseli, mistä ne olivat peräisin ja miten voisi päästä tutustumaan paremmin niitä muodostaviin atomeihin. Pian se sai kuulla, että josain oli olemassa maa, jota vanhemmat ja viisaamat atomit kutsuivat tasapainomaaksi. Siellä erilaiset atomit saivat rauhassa tutustua toisiinsa ja kokeilla,

millaisia rakenteita halusivat keskenään muodostaa. Hipsu kiinnostui asiasta välittömästi ja alkoi etsiä tietä moiseen ihmemaahan.

Tien löytäminen ei ollut ihan helppoa. Monet atomit olivat kyllä kuulleet juttuja tasapainomaasta, mutta kukaan ei oikeasti ollut käynyt siellä. Yksi sanoi maan sijaitsevan tuollapäin, toinen taas siellä. Hipsu kulki ja kulki, etsi ja kyseli, mutta oikeaa tietä ei vain tahtonut löytyä. Atomeja ja neuvoja oli niin paljon, että Hipsu alkoi uupua ja vähän kerrassaan lannistuakin.

Lopulta se tuli erään korkean aktivaatioenergia-kukkulan juurelle ja sai kuulla, että kukkulan huipulla asui vanha ja viisas, kaiken nähnyt atomi, joka oli itse käynyt ja oleskellut tasapainomaassa. Luonteeltaan vähän Hipsun tapaan kapinallisena ja nuoruuden voimansa tunnossa se oli kuitenkin lähtenyt etsimään vielä parempaa maailmaa sitä kuitenkaan löytämättä ja päätyneen lopulta viettämään vanhuuttaan metastabiiliin asemaan kukkulansa huipulle. Hipsu kokosi viimeiset voimansa ja kipusi kukkulan laelle vanhusta jututtamaan.

”Vai tasapainomaahan?”, kysyi vanhus Hipsulta. ”Miksi sinä sinne haluat? Olet liian nuorikin aloillesi asettumaan”, jatkoi vanhus. Hipsu selitti, miksi



”Hipsu kulki ja kulki, etsi ja kyseli, mutta oikeaa tietä ei vain tahtonut löytyä. Atomeja ja neuvoja oli niin paljon, että Hipsu alkoi uupua ja vähän kerrassaan lannistuakin.”

se oli aikanaan lähtenyt matkaan ja millaisiksi se oli omien lajitoveriensä muodostamat yhteisöt kokenut. ”Kaipa sinun sitten kannattaa käydä tasapainomaasakin”, päätteli vanhus lopulta. ”Matka sinne on kyllä aika pitkä ja reittivalinnastasi riippuen hankalakin, mutta ei se lopulta ole mikään mahdoton löytää. Kuljet vain suuntaan, jossa ajava energia on aina selkäsi takana, haet matalimmat aktivaatioenergiakukkulat ylitettävikesi ja matkaat aina vapaaenergian laaksoja pitkin”, neuvoi vanhus. ”Näet ja tiedät kyllä, milloin olet tullut perille”, se jatkoi.

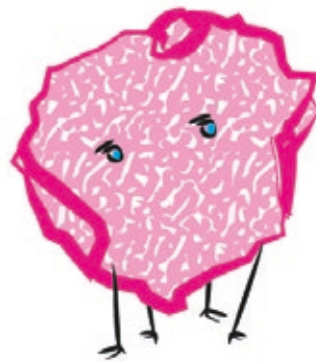
Hipsu tunsu rohkaistuneensa ja saaneensa uutta voimaa. Se kiitti lämpimästi ja moneen kertaan vanhusta ja kääntyi hetken kukkulan laella tunteakseen ajavan voiman voimakkaimman vaikutussuunnan. Löydettyään sen se käänsi suunnalle selkänsä ja lähti vaeltamaan kohti lähintä vapaaenergialaaksoa.

Matkalla se kohtasi tosiaankin monenlaisia esteitä. Milloin Hipsu kohtasi pehmeikköjä, joihin se oli upota kokonaan, milloin lupaavalta näyttänyt vapaaenergialaakso päättyikin yhtäkkiä pystysuoraan aktivaatioenergiaseinään, milloin tiellä oli niin korkeita aitoja tai syviä kuiluja, että Hipsu pystyi hyppäämään niiden yli vain ystävällisen, mutta aina arvaamattoman lämpötilan antaessa sille ylimääräisen potkun takamuksiin. Joidenkin laaksojen pohjalla oli taas niin kylmä, että Hipsu oli kangistua paikoilleen. Onneksi se pystyi aina silloin tällöin levähtämään tuota lämpötilan antamaa ylimääräistä energia-annosta odottaessaan ja niin se jatkoi päättäväisesti matkaansa sitä hidastavista kineettisistä esteistä välittämättä.

Lopulta erään erityisen hankalan vapaaenergialaakson halki kuljettuaan se nousi loivan harjanteen huipulle ja näki edessään – ei enää uusia aktivaatioenergiakukkuloita tai kineettisiä esteitä – vaan laajan tasangon, jossa ei todellakaan ollut laaksoja eikä kukkuloita. Tasanko ulottui silmäkantamattomiin ja ensi silmäyksellä se näytti autiolta.

Tarkemmin katsoessaan Hipsu totesi sen kuitenkin olevan täynnä hitaasti parveilevia atomeja. Niitä oli kaiken kokoisia, kaiken värisiä ja eri atomilajeja näytti olevan ainakin yli sata. Aina silloin tällöin tasangon jossain kohdassa näytti syttyvän kohoavan lämpötilan aiheuttama leimahdus, joka sitten hitaasti sammui syttyäkseen taas jossakin toisessa kohdassa.

Hipsu katseli menoa aikansa ja totesi, että lämpöleimahdukset liittyivät aina kohtiin, joissa erilaiset atomit olivat hiljakseen kokoontuneet toistensa läheisyyteen. Leimahduksen sammuttua atomit olivat asettuneet erilaisiin ryhmytyksiin, joissa näytti olevan eri määriä erilaisia atomeja. Tuota katsellessaan Hipsu tunsu mielensä vähitellen rauhoittuvan ja se tunsu päämääränsä olevan lähellä. Hetken levähdettyään Hipsu nousi ja lähti kulkemaan alas viimeistä rinteä päästäkseen mukaan tasapainomaan karkeloihin. Siitä, mitä se sitten näki ja koki, kerrotaan seuraavissa tarinoissa. ▲



Osa 5: Kohtaamisia tasapainomaassa

PIENEN PIENI hiiliatomi Hipsu laskeutui viimeisen aktivaatioenergiakukkulan rinnettä ja saapui lopulta tasapainomaan (sillä sen se oli nyt viimeinkin löytänyt) tasangolle. Se seuraili menoa aikansa ja päätyi lopulta kysymään kohtaamaltaan toiselta hiiliatomilta, mitä täällä tapahtui ja miten menoon pääsisi mukaan.

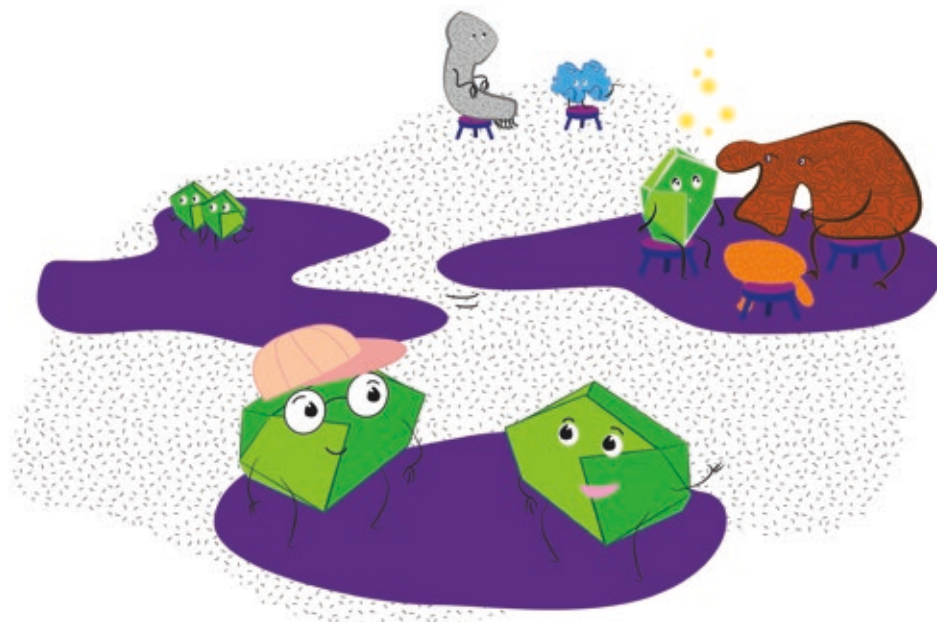
”Tämä on eräänlainen deittailukeskus, jossa jokainen voi etsiä omaan tahtiinsa itselleen sopivia kave-reita ja yhteisöjä”, selitti toinen hiiliatomi. ”Tulet huomaamaan, että täällä samanlaiset atomit muodostavat omia yhteisöjään, joihin myös erilaiset atomit voivat pyrkiä sisään”, se jatkoi. ”Suhtautuminen ja toimintamahdollisuudet eri yhteisöissä voivat olla hyvin erilaisia”, se selitti edelleen. ”Koska ajavaa energiaa täällä on vähän, tapahtuu kaikki hyvin verkalleen. Kun johonkin yhteisöön on tullut riittävä määrä pyrkijöitä, kutsuvat ne apuun lämpötilan, joka auttaa yhteisöä pääsemään lopulliseen pysyvään olomuotoonsa. Tästä johtuvat siellä täällä näkyvät, varmaan jo huomaa-masi leimahdukset”, se selosti vielä.

Hipsu kiitti selvityksestä ja lähti hiljakseen kuljeksimaan tasangolle. Jonkin intuition perusteella se

päättyi ensin etsiä sopivia olosuhteita metalliatomien muodostamista yhteisöistä. Eipä aikaakaan, kun se huomasi kupariatomeista koostuvan joukon, jonka ympärille oli kertynyt mukaan pyrkiviä hiiliatomeja. Hipsu päätti aloittaa käytännön tutustumisensa erilaisiin atomeihin täältä.

Kupariatomit tuntuivat kuitenkin suhtautuvan jotenkin yrmeästi ympärillään kuljeksiiviin hiiliatomeihin. Lopulta, kun mukaan pyrkivien hiiliatomien joukko oli kasvanut riittävän suureksi, päättivät ne kutsua lämpötilan apuun. Lämpötila nousi, atomien liike vilkastui ja hiiliatomit yrittivät tunkeutua mukaan kupariatomien joukkoon.

Pyrkimys osoittautui kuitenkin turhaksi. Hiiliatomit eivät kyenneet pääsemään kunnolla sisään kupariatomien muodostamaan yhteisöön. Vaikka ne pyysivät lisää ja lisää lämpötilaa niin, että lopulta kupariatomit muodostivat levottoman, jatkuvassa liikkeessä vellovan sulan massan, ei monikaan hiiliatomi voinut päästä mukaan niiden joukkoon. Aina joku ohi kiirehtivä kupariatomi onnistui potkaisemaan pyrkijän ulos yhteisöstään. Alueen reunamilla kupariin



”Tämä on eräänlainen deittailukeskus, jossa jokainen voi etsiä omaan tahtiinsa itselleen sopivia kave-reita ja yhteisöjä. Täällä samanlaiset atomit muodostavat omia yhteisöjään, joihin myös erilaiset atomit voivat pyrkiä sisään.”

hetkeksi päässeet hiiliatomit ryhmittyyivät välittömästi grafiitiksi suojautuakseen kupariatomien yrmeydeltä. Hiiliatomit luovuttivat, lämpötila poistui kiitosten saattamana ja kupari- sekä hiiliatomit jäivät erilleen etsimään uusia mahdollisuuksia.

Hipsu päätteli, ettei hiiliatomien kannattanut pyrkiä sisään kupariatomien muodostamaan yhteisöön missään olosuhteissa, ei edes kuparin ollessa sulassa tilassa. Se päätti jatkaa matkaa ja etsiä ystävällisempiä yhteisöjä. Syntyvaiheessa olevia yhteisöjä oli paljon. Usein niissä oli kuitenkin mukana hyvin vähän hiiliatomeja, joiden joukossa Hipsu toivoi voitonsa pyrkiä mukaan. Aikansa vaellettuana se havaitsi etäällä kromiatomien muodostaman joukon, jonka ympärillä liikehti suurempi määrä hiiliatomeja. Hipsu liittyi joukkoon ja jäi odottamaan uutta seikkailua.

Viimeinkin lämpötila kutsuttiin apuun ja hiiliatomit alkoivat pyrkiä sisään kromiyhteisöön. Mukaan pääsy oli kuitenkin hidasta. Vasta kun lämpötila oli noussut kromin sulamispisteen yläpuolelle, tuntui kuin taivas olisi auennut ja hiiliatomit pääsivät mukaan kromiatomien karkeloon. Liike oli vilkasta; atomien sekoittuminen ja seurustelu sujuivat kuin tanssi.

Yllätys seurasi, kun lämpötilalle annettiin lupa poistua. Jotkut kromiatomit suhtautuivat edelleen suopeasti hiiliatomeihin ja haalivat niitä läheisyyteensä. Ne muodostivat kiinteitä saarekkeitä, joissa hiili- ja kromiatomien määräsuhde olivat tarkoin rajatut. Yhdessä saarekkeessa oli 23 kromiatomia kuutta hiiliatomia kohti, toisessa seitsemän kromiatomia kolmea hiiliatomia kohti ja kolmannessa kolme kromiatomia kahta hiiliatomia kohti. Heti, kun kunkin saarekkeen määräsuhde oli täyttynyt, se muuttui torjuvaksi muita hiiliatomeja kohtaan eikä päästänyt niitä lähellekään. Saarekkeet alkoivat kutsua itseään kromikarbideiksi.

Kokemattomuuttaan hiukan arkaillen mukaan mennyt Hipsu jäi näiden karbidien ulkopuolelle. Ympäristössä olevat kromiatomit muuttuivat myös torjuviksi ja Hipsu joutui muiden ylimääräisten hiiliatomien tavoin poistumaan koko kromiatomeista ja karbideista koostuvasta, pysyväksi muuttuneesta yhteisöstä. Se kyseli karbideihin jääneiltä hiiliatomeilta niiden tuntemuksia ja sai kuulla, että ne tunsivat tulleetensa hyvin kohdelluiksi ja olonsa turvalliseksi. Ne

olivat kuitenkin lujasti kiinnittyneet ympäristöönsä ilman vapaata liikkuvuutta ja se kauhistutti vapautaan rakastavaa Hipsua.

Hipsu vaelteli hivenen alakuloisena ympäri tasapainomaata kysellen muiden hiiliatomien kokemuksia ja tuntemuksia. Se sai kuulla, että varsin monien metalliatomien kohdalla suhtautuminen hiiliatomeihin oli samankaltaista kuin se, minkä Hipsu oli kokenut kromiatomien tapauksessa. Ainoa mahdollisuus päästä mukaan oli osallistua metallikarbideihin, jotka sitoivat hiiliatomit lujasti itseensä. Vapaana vaeltelu metalliatomien joukossa ei juuri tullut kysymykseen kiinteässä tilassa.

Hipsu oli murheissaan ja mietti, löytyisikö täältä tasapainomaastakaan sellaista yhteisöä, johon se voisi osallistua vapautensa edes osittain säilyttäen. Vaeltaessaan ympäriinsä se kohtasi muutamia rauta-atomeja, joiden kanssa käydyt keskustelut tuntuivat miellyttäviltä. Kysellessään muilta hiiliatomeilta niiden kokemuksia se sai myös kuulla, että rautaatomien suhtautuminen hiiliatomeihin oli yleensä hyvin ystävällistä, joskin hieman erikoista muihin metalliatomeihin verrattuna. Niinpä Hipsu päätti yhdessä muutaman muun hiiliatomien kanssa lähteä hakeutumaan hiili- ja rauta-atomeista koostuvaan yhteisöön. Mihin tämä päätös sitten johti, siitä kerrotaan seuraavissa tarinoissa. ▲

**AINOA MAHDOLLISUUS PÄÄSTÄ
MUKAAN OLI OSALLISTUA
METALLIKARBIDEIHIN, JOTKA SITOIVAT
HIILIATOMIT LUJASTI ITSEENSÄ.
VAPAANA VAELTELU METALLIATOMIEN
JOUKOSSA EI JUURI TULLUT
KYSYMYKSEEN KIINTEÄSSÄ TILASSA.**

Osa 6: Raudan ja hiilen epäortodoksinen liitto

TASAPAINOMAAN ENERGIATASANGOLLA yhdessä muutaman muun hiiliatomin kanssa vaelteleva pieni hiiliatomi Hipsu tunsu lopulta kohdanneensa lupaavan mahdollisuuden itselleen sopivan yhteisön löytämiseen. Sen kohtaamat muutamat yksittäiset rauta-atomit tuntuivat suhtautuvan Hipsuun ja sen kumppaneihin vapaamielisemmin kuin toistaiseksi tavatut muut metalliatomit.

Toki niidenkin keskuudessa esiintyi vaihtelua kohtaamisissa, mutta valtaosan suhtautuminen oli muita metalliatomeja avoimempaa ja sallivampaa. Joidenkin kohdalla se oli jopa houkuttelevaa. Lisäksi rauta-atomit puhuivat jotakin salaperäisistä lämpötilan muuttuessa esiintyvistä muutoksista, jotka kiehtoivat aina uteliasta ja uutta etsivää Hipsua. Niinpä se kulki pienen hiiliatomien muodostaman joukon kärjessä etsimässä sopivaa muodostumassa olevaa rauta- ja hiiliatomien yhteisöä.

Eipä aikaakaan, kun sellainen yhteisö sattui Hipsun silmiin ja se johdatti joukkonsa rauta-atomeista koostuvan ryhmän ja sen ympärillä parveilevien hiiliatomien luo. Melkein välittömästi kävi ilmi, että hiiliatomit olivat jo keskustelleet lämpötilan kutsumisesta apuun lopullisen rauta-hiiliyhteisön muodostamiskoelun käynnistämiseksi. Hipsun joukkueen liittyminen mukaan sai päätöksen syntymään nopeasti ja lämpötila kutsuttiin paikalle.

Lämpötilan noustessa rauta-atomit ryhmittyivät muiden metalliatomien tapaan kiinteäksi rakenteeksi, ja hiiliatomit lähtivät Hipsu etunenässä pyrkimään mukaan tuohon rakenteeseen. Hipsu huomasi, että rakenteessa oli rauta-atomien välissä sopivasti tyhjiä tiloja, joihin se voi sijoittua. Tosin nuo tilat olivat Hipsua pienempiä ja siten vähän ahtaita.

Rauta-atomien väljähköstä pinoutumisesta ja yleisestä myötämielisyydestä johtuen ne olivat kuitenkin valmiita antamaan periksi sen verran, että Hipsu kumppaneineen pääsi sisään muodostumassa olevaan yhteisöön. Pian se havaitsi kykenevänsä jossain määrin jopa liikkumaan rauta-atomien väleihin muodostuneita kanavia pitkin. Tosin kanavat olivat sen verran ahtaita, että Hipsu toivoi joko muuttuvansa laihemmaksi tai kanavien muuttuvan väljemmiksi liikkumisen helpottamiseksi.

Osoittautui myös olevan niin, että vain pieni osa sisään pyrkivistä hiiliatomeista mahtui mukaan uuteen rauta-hiiliyhteisöön. Lisää hiiliatomeja pystyi yhteisöön sijoittumaan vain siten, että ne liittyivät yhteen houkuttelevimpien rauta-atomien kanssa ja muodostivat niiden kanssa pysyviä saarekkeita samaan tapaan kuin Hipsu oli nähnyt aikaisemmin tapahtuvan hiili- ja kromiatomien yhteisössä. Nyt saarekkeita oli kuitenkin vain yhtä lajia ja niissä oli aina kolme rauta-atomia



"Hipsu kulki pienen hiiliatomien muodostaman joukon kärjessä etsimässä sopivaa muodostumassa olevaa rauta- ja hiiliatomien yhteisöä."

ytä hiiliatomia kohti. Hipsu kutsui mielessään näitä saarekkeita rautakarbideiksi.

Yhä suuremmaksi käyvän ahtauden ja liikkumisen vaikeutumisen vuoksi vapauttaan rakastava Hipsu ehdotti, että apuun pyydetäisiin lisää lämpötilaa tilanteen lievittämiseksi. Näin myös tehtiin. Aluksi ei tuntunut tapahtuvan juuri mitään. Nousevan lämpötilan myötä rauta-atomien lisääntyvä liikkuvuus tosin helpotti tilannetta hiukan, mutta varsinainen ongelma ei poistunut. Muistellen aikaisemmin kohtaamiensa rauta-atomien puheita salaperäisistä muutoksista lämpötilan muutosten mukana Hipsu ja sen kumppanit pyysivät rohkeasti lisää lämpöä.

Yhtäkkiä tilanne muuttui dramaattisesti. Kuin salaman iskusta kaikki rauta-atomit päättivät yhtä aikaa loksahda kokonaan uuteen pinoutumisjärjestykseen. Se oli aikaisempaa tiiviimpi, mutta toisaalta rauta-atomien väliin jäivät tyhjät kolot olivat äkillisesti paljon suurempia ja hiiliatomit pystyivät sijoittumaan niihin paljon helpommin. Niitä mahtui myös rakenteeseen merkittävästi aikaisempaa enemmän niin, että kaikki yhteisöön pyrkimässä olleet hiiliatomit mahtuivat nyt mukaan. Niitä oli näet loppujen lopuksi kuitenkin hyvin pieni määrä rauta-atomien lukumäärään verrattuna. Aikaa myöten myös rautakarbidaarekkeisiin sitoutuneet hiiliatomit pyrkivät irti sidoksistaan ja pujahtelivat kukin omaan tyhjiin koloonsa. Lopulta kaikki karbidaarekkeet olivat kadonneet ja hiiliatomit lekottelivat kukin omassa kolossaan jakaantuneina tasaisesti kautta koko rakenteen.

Liikkuminen kolosta toiseen oli kuitenkin aikaisempaa hankalampaa, koska rauta-atomien tiiviimpi pinoutuminen oli entisestään kaventanut kolosta toiseen johtavia kanavia. Vaikka olotila uudessa rautarakenteessa tuntuikin keskimäärin ottaen varsin mukavalta, Hipsu halusi päästä liikkumaan paremmin ja ehdotti taas korkeamman lämpötilan pyytämistä. Jotkut hiiliatomit halusivat kyllä jo asettua aloilleen ja nurisivat ainaisista muutoksista, mutta taipuivat lopulta Hipsun toiveeseen ja lämpötila alkoi taas nousta.

Liikkuminen helpottui taas hiukan lämpötilan kohoamisen myötä, mutta perusongelma oli ja pysyi. Yhtäkkiä kuitenkin tapahtui taas radikaali muutos. Rauta-atomit päättivät ryhmittyä taas nopeasti uuteen järjestykseen, joka osoittautui olevan kopio aikaisem-

masta matalassa lämpötilassa vallinneesta pinoutumisesta. Hiiliatomien tila rakenteessa kävi taas ahtaaksi ja ylimääräisiksi jääneet atomit alkoivat tuskastua oloihinsa. Lämpötilan edelleen noustessa rauta-atomien keskinäinen sitoutuminen alkoi pettää siellä täällä ja ne irtautuivat rakenteesta vapaasti liikkuvaksi massaksi. Ylimääräiset hiiliatomit pujahtivat sujuvasti mukaan tuohon vapaasti liikkuvaan joukkoon ja lopulta koko yhteisö oli mukana kiihkeissä karkeloissa.

Kun lämpötilalle annettiin lupa poistua, tapahtumat toistuivat vaiheittain päinvastaisessa järjestyksessä. Lopputuloksena oli aikaisempi matalan lämpötilan rakenne, jossa osa hiiliatomeista oli jakautuneena tasaisesti harvakkosti pinoutuneeseen rautarakenteeseen ja osa oli sitoutuneena Hipsun rautakarbideiksi kutsumiin saarekkeisiin.

Hipsua kuitenkin kiinnosti se, että rautaan mahtui tietyn lämpötila-alueen rakenteessa paljon enemmän hiiliatomeja tasaisesti jakautuneina kuin sen ala- ja yläpuolisissa lämpötiloissa ja rakenteissa. Se kyseli rauta-atoimeilta syytä moiseen tilanteeseen, mutta kukaan ei osannut siihen vastata. Ne vain selittivät käyttäytymisen ja pinoutumisjärjestyksen muutosten olevan jotenkin sisäänrakennettuina niiden perimään.

Hipsu jäi ihmettelemään, mitä sitten tapahtuisi, jos lämpötilan muutokset varsinkin jäähtymisen yhteydessä olisivat nopeita eivätkä kankeammin liikkuvat hiiliatomit ennättäisi ryhmittyä uudeksi muuttuneen rakenteen mukaiseen järjestykseen. Se, miten Hipsu päätti selvittää tätä kysymystä, ja mitä siitä sitten seurasi, onkin seuraavien tarinoiden aiheena. ▲

HIPSUA KUITENKIN KIINNOSTI SE, ETTÄ RAUTAAN MAHTUI TIETYN LÄMPÖTILA-ALUEEN RAKENTEESSA PALJON ENEMMÄN HIILIATOMEJA TASAISESTI JAKAUTUNEINA KUIN SEN ALA- JA YLÄPUOLISISSA LÄMPÖTILOISSA JA RAKENTEISSA.

Osa 7: Martensiitti

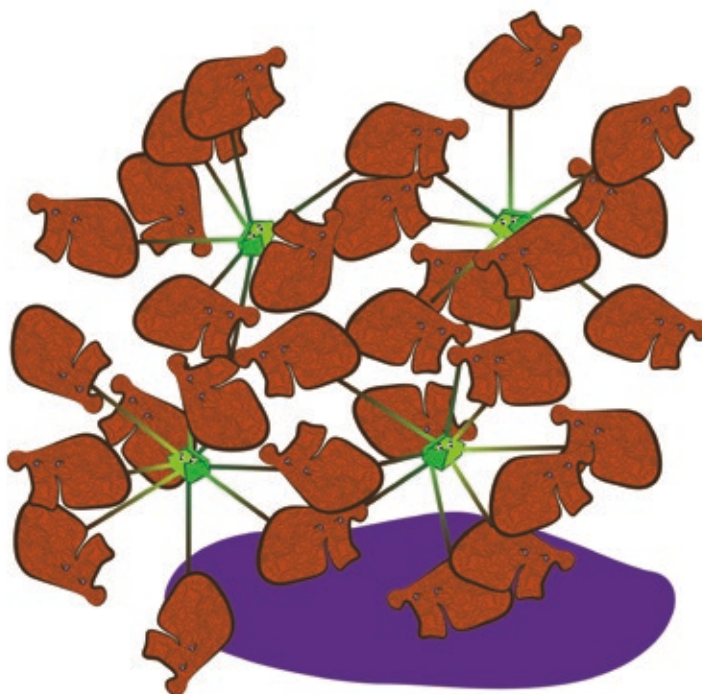
ITSENÄISYYTTÄÄN JA vapauttaan rakastava pieni pieni hiiliatomi Hipsu tunki lopultakin löytäneensä tasapainomaasta yhteisön, jossa se saattoi ajatella ehkä viihtyvänsä. Ensi tutustumisen aikana se oli oppinut, että rauta-atomien muodostama kiinteä yhteisö tarjosi tilaa ja liikkumismahdollisuuksia Hipsulle ja muille hiiliatomeille. Lisäksi raudassa tapahtui lämpötilan muuttuessa merkittäviä muutoksia, jotka tekivät elämästä mielenkiintoista. Korkeammassa lämpötilassa mukaan mahtui enemmän hiiliatomeja, mutta liikkuminen oli vaikeampaa. Matalissa lämpötiloissa taas mukaan sopi vähemmän yksittäisiä hiiliatomeja, mutta niiden liikkuminen oli helpompaa. Ylimääräisiksi jääneet hiiliatomit voivat tällöin muodostaa rauta-atomien kanssa oman rakenteen, jota Hipsu kutsui totuttuun tapansa rautakarbideiksi.

Kun liikkuminen kiinteässä raudassa ei missään tapauksessa ollut kaikkein helpointa, utelias Hipsu oli kiinnostunut siitä, mitä tapahtuisi todella nopeiden lämpötilan muutosten yhteydessä. Mitä tapahtuisi, jos lämpötilan laskiessa ylimääräiset hiiliatomit eivät olisikaan kyllin nopeita kulkeutuakseen karbideihin?

Millaisia rakenteita silloin syntyisi? Hipsu mietti miettimistään, miten asiaa voisi selvittää. Lämpötila oli tasapainomaassa verkkainen kaveri, joka ei taipunut nopeisiin muutoksiin. Hipsu kokeili mukaan menoa useisiin rauta- ja hiiliatomien muodostamiin yhteisöihin, mutta tapahtumat lämpötilan muuttuessa ja niiden tuottama lopputulos olivat aina samoja.

Kerran kuitenkin tilanne muuttui dramaattisesti kesken sellaisen kokeilun. Juuri kun yhteisöön oli lämpötilan noustessa muodostunut rakenne, johon sopi runsaasti yksittäisiä hiiliatomeja ja rautakarbideissakin olleet hiiliatomit olivat karanneet mukaan nauttimaan vapaudestaan, puhkesi tasapainomaassa harvinainen kaatosade. Vettä kuollakseen pelkäävä lämpötila otti siinä silmänräpäyksessä hatkat ennen näkemättömällä nopeudella. Yhteisön lämpötila putosi saman tien sen päälle kaatuvan veden lukemiin.

Rauta-atomien muodostama yhteisö oli nopea. Siinä lämpötilan laskuun liittyvä rakennemuutos tapahtui kuin sormia napsauttamalla huikeasta jäähtymisnopeudesta huolimatta. Hiiliatomeille tuli hätä käteen. Ne eivät ehtineet tehdä oikeastaan juuri mitään. On-



"Ylimääräisiksi jääneet hiiliatomit voivat muodostaa rauta-atomien kanssa oman rakenteen, jota Hipsu kutsui totuttuun tapansa rautakarbideiksi."

nekseen Hipsu sattui olemaan sellaisessa paikassa, jossa hiiliatomille sopiva kolo oli samassa kohdassa myöskin uudessa rakenteessa eikä sen tarvinnut tehdä mitään.

Katsoessaan ympärilleen Hipsu näki, että kaikki sellaiset kolot olivat hiiliatomien miehittämiä. Ilmeisesti myös lähellä tällaisia kohtia olleet hiiliatomit olivat ehtineet juuri ja juuri nytkähtää sen verran, että pääsivät vierähtämään tällaiseen paikkaan. Niinpä valtaosa hiiliatomeista oli sijoittunut näihin koloihin ja vain muutamat harvat olivat jäätyneet niille sijoilleen.

Hipsu tunsikin kuitenkin, että uusi kolo ei ollut sille sopiva. Varsinkin yhdessä suunnassa kolo oli erityisen ahdas, ja Hipsu tunsikin puristuvansa tässä suunnassa lähes kestävänsä rajoille rauta-atomien tunkeutuessa lähelle toisiaan. Se päätteli, että muilla samanlaisissa koloissa olevilla kumppaneilla oli sama tilanne ja lähinaapureiltaan kysymällä se sai asiaan varmistuksen. Lopulta Hipsu keksi, että yhdessä voimansa ponnistaen hiiliatomit voisivat mahdollisesti työntää tunkeilevia rauta-atomeja kauemmaksi toisistaan tässä suunnassa ja saada hiukan helpotusta tilanteeseensa.

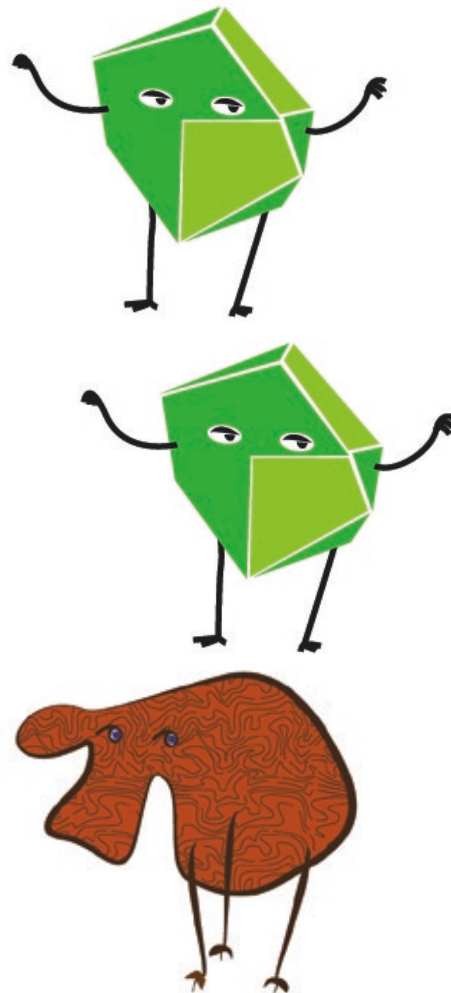
Sanaa levittämällä Hipsu sai muut hiiliatomit liittymään mukaan tuumaansa. Ne kaikki ponnistivat yhtä aikaa voimansa ja pullistuivat kaikki samassa suunnassa mahdollisimman isoiksi. Ja toden totta, rauta-atomit antoivat hiukan periksi. Samalla ne kuitenkin alkoivat valittaa, että ne itse joutuivat äärimmäiseen ahdinkoon ja koko niiden muodostama rakenne vääristyi. Jännitykset niiden rakenteessa kohosivat lähes sietämättömiksi hiiliatomien pullistelun vuoksi. Lopulta ne huusivat yhteen ääneen, että rakenteen kestävyys oli loppumaisillaan ja pieninkin lisäpullistelu saattaisi räjäyttää koko rakenteen. Hiiliatomien oli pakko lopettaa pullistelunsa ja tyytyä saamaansa tulokseen.

Rakenne oli äärimmäisen kireä. Se suorastaan soi, kun sateen lakattua ohi kulkevat atomit kävivät sitä koputtelemassa. Lopulta rakenteessa olevien atomien oli pakko kieltää sellainen koputtelu, koska se olisi saattanut saada koko rakenteen murtumaan. Niin kovaksi ja hauraaksi rakenne oli muodostunut siinä vaikuttavien massiivisten sisäisten jännitysten ansiosta.

Hipsu oli yllätynyt syntyneestä rakenteesta ja sen ominaisuuksista. Käytännön atomina se kuitenkin tajusi pian, että muodostuneet ominaisuudet eli korkea kovuus ja lujuus olivat poikkeuksellisia metallien jou-

kossa. Hipsu ei sitä tuossa vaiheessa luonnollisestikaan tiennyt, mutta myöhempien vaiheidensa yhteydessä se sai kuulla, että syntyneitä rauta-hiiliyhteisön rakennetta ruvettiin kutsumaan martensiitiksi.

Hipsu päätteli, että syntyneillä ominaisuuksilla saataisiin olla jatkossa paljonkin käyttöä, kunhan rakenne vain saataisiin kestävämpään paremmin siihen kohdistuvia kuormituksia eli erityisesti iskuja. Matala lämpötila ja siihen liittyvä atomien huono liikkuvuus estivät kuitenkin kaikki yritykset tilanteen muuttamiseksi. Hipsu mietti päänsä puhki mahdollisuuksia ja keinoja tilanteensa parantamiseksi ja koko rakenteessa vaikuttavan kireyden helpottamiseksi. Millaisiin tuloksiin Hipsu näissä pohdinnoissaan tuli, ja mitä siitä sitten seurasi, onkin seuraavien tarinoiden aiheena. ▲



Osa 8: Päästömartensiitti

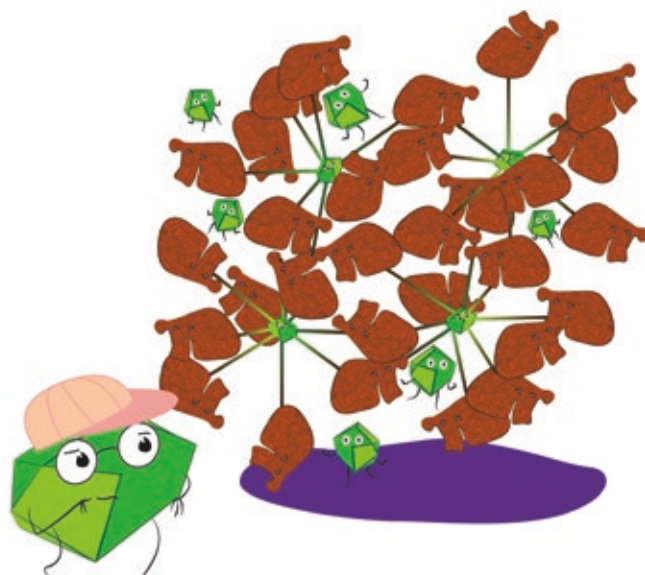
PIENEN PIENI hiiliatomi Hipsu oli joutunut rauta- ja hiiliatomien muodostamassa yhteisössä tiukkaan paikkaan. Raudan nopea jäähtyminen korkeasta lämpötilasta oli jättänyt yhteisöön runsaasti ylimääräisiä hiiliatomeja, jotka eivät olleet ennättäneet sitoutua rautakarbideihin. Niille ei oikeastaan olisi ollut rakenteessa lainkaan tilaa ja siitä syystä koko yhteisö oli ratkeamaisillaan ja kireä kuin viulun kieli. Hipsu mietti miettimistään, kuinka rakenteen ahdinkoa voitaisiin helpottaa menettämättä kuitenkaan liiaksi sen käyttökelpoisia kovuus- ja lujuusominaisuuksia.

Siinä kipuillessaan Hipsu tuli ajatelleeksi taas kerran lämpötilaa ja sen vaikutuksia raudassa. Aikaisemmista kokemuksistaan se muisti, että lämpötilan nousu helpotti atomien liikkumista kiinteissä rakenteissa. Voisiko osa hiiliatomeista tällöin vaeltaa rautakarbideihin ja siten lieventää muiden ahdinkoa? Toisaalta Hipsu ymmärsi, että liian korkea lämpötila muuttaisi taas tilanteen raudassa liian radikaalisti. Lopulta Hipsu päätteli, että lämpötilan kutsumisesta apuun ei olisi ainakaan haittaa, jos maltettaisiin pysytellä kohtuuden rajoissa. Se esitteli ajatuksensa

tuskissaan ähkville kumppaneilleen ja hetken määriteltuaan sai ne suostumaan tuumaansa.

Lämpötila saapui paikalle. Hipsu pyysi sitä kohoamaan varovasti ja pysähtymään aina välillä odotamaan mahdollisia muutoksia rakenteessa. Eipä aikaakaan, kun yhden odotusjakson aikana muutama hiiliatomi pääsi puikahtamaan ahdistuskolostaan ja lähti liikkeelle kohti pienempien sisäisten jännitysten alueita. Ne kokoontuivat yhteen ja muodostivat ensimmäiset karbidialkiot rakenteeseen. Seuraavan lämpötilan kohoamisjakson jälkeisessä odotusjaksossa irtipäässeiden hiiliatomien määrä ja karbidialkioiden lukumäärä lisääntyivät. Myös koko yhteisörakenteen kireys tuntui hiukan helpottavan.

Vielä muutaman lämpötilan kohoamis- ja odotusjakson jälkeen Hipsu tiedusteli lähikumppaneiltaan, millaiseksi ne olonsa tunsivat. Ne ilmoittivat olonsa tuntuvan edelleen ahtaalta, mutta kuitenkin juuri ja juuri siedettävältä. Myös rakenteen kireys ja hajoamisen riski tuntuivat hellittäneen. Läheisen jyrkän aktivaatioenergiakukkulan rinnettä alaspäin vierinyt ja yhteisöön törmännyt harvinaisen isokokoinen atomi



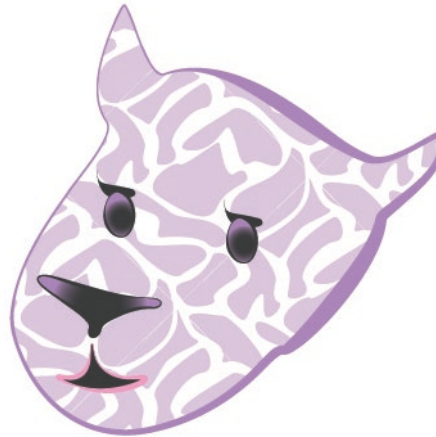
"Raudan nopea jäähtyminen korkeasta lämpötilasta oli jättänyt yhteisöön runsaasti ylimääräisiä hiiliatomeja, jotka eivät olleet ennättäneet sitoutua rautakarbideihin."

sai näet aikaan vain kovan kopsahduksen. Itselleen se sai kuitenkin sellaisen tällin, että makasi pitkään maassa ennen kuin pystyi jatkamaan matkaansa. Hipsun yhteisö sattui näet sijaitsemaan tasapainomaan laidalla ja siksi viereisiltä aktiivaatioenergiakukkuloilta laskeutui usein uusia atomeja etsimään onneaan tasapainomaasta.

Hipsu päätteli, että sen asettama tavoite oli saavutettu, kiitti lämpötilaa ja päästi sen seuraavien apua tarvitsevien yhteisöjen pariin. Se ilmoitti ylpeänä rakennekumppaneilleen, että ne olivat todennäköisesti muodostaneet metalliatomeihin pohjautuvien yhteisöjen kovimman ja kestävimmän rakenteen. Tämä tieto ilahdutti koko yhteisön ja antoi sille voimaa kestää rakenteessa vielä vaikuttavan ahdistuksen. Hipsukaan ei sitä vielä tuolloin tiennyt, mutta koska rakenne oli Hipsun keksinnön ansiosta ikään kuin osittain pääsyt ahdingostaan, sitä alettiin myöhemmin kutsua päästömartensiitiksi.

Hipsu ei kuitenkaan ollut vielä ihan tyytyväinen. Se jäi miettimään, olisiko sittenkään tarpeen kutsua lämpötilaa paikalle kahteen kertaan nyt saavutetun rakenteen synnyttämiseksi. Voisiko mitenkään olla mahdollista antaa atomeille aikaa ryhmittäytyä nyt saavutetuksi rakenteeksi jo ensimmäisen lämpötilan laskun yhteydessä? Miten voisi kokeilla tätä?

Ongelma osoittautui visaisimmaksi kaikista niistä, joita Hipsu oli matkoillaan kohdannut. Se pohti pohdimistaan asiaa ja tunsu välillä olevansa ihan hukassa. Lopulta se ryhtyi kuitenkin kokoamaan mielessään yhteen aikaisempia kokemuksiaan ja sen mielessä alkoi välkkyä uudenlainen koe asian selvittämiseksi. Siitä, millainen tuo koe oli ja mitä siitä sitten seurasi, kerrotaankin seuraavassa tarinassa. ▲



Osa 9: Bainiitti

PIENEN PIENI hiiliatomi Hipsu oli sopivaa kotiyhteisöä etsiessään päätynyt tasapainomaahan ja löytänyt sieltä rauta- ja hiiliatomien muodostaman yhteisön, jossa se ensi kertaa tunsii viihtyvänsä pysyvämmin. Aktiivisena kaverina se oli houkuttellut yhteisönsä kokeilemaan erilaisia lämpötilan ja sen muutosten avulla aikaansaatavia rakenteita, joita tästä yhteisöstä löytyikin poikkeuksellisen paljon.

Erityisen ylpeä Hipsu oli viimeisimmän kokeilun tuloksena syntyneestä rakenteesta, joka oli kestävyysominaisuuksiltaan ylivertaisin Hipsun siihen mennessä tuntemista. (Myöhempi maailma oppi tuntemaan tämän rakenteen karkaistun teräksen päästömartensiittina, kertojan huom.). Sen saavuttaminen oli vain hiukan hankalaa, koska se edellytti kahta lämpötilan käyntikertaa ja muutenkin poikkeuksellista käyttäytymistä perusuonteeltaan mukavuudenhaluiselta lämpötilalta.

Tuumiessaan mahdollisuuksia rauta-hiiliatomien yhteisössä tehdyn edellisen kokeen yhteydessä aikaan saadun päästömartensiittisen rakenteen synnyttämiseksi yhdellä lämpötilan käyntikerralla pienen pieni hiiliatomi Hipsu vaivasi perusteellisesti päätään. Se pohti mielessään muun muassa sitä, että suuremman

yhteisön sisältä lämpötila ei ehkä pystyisi karkaamaan niin nopeasti kuin tähän mennessä muodostetuista pienistä kokonaisuuksista.

Se oli myös nähnyt kokeilujensa yhteydessä, että suuremmissa yhteisöissä lämpötilan avustama järjestäytyminen saattoi alkaa useammassa kohdassa yhteisöä samanaikaisesti. Tällä tavoin muodostuneet alkiot olivat muuten samanlaisia, mutta niiden suuntautuminen koko rakenteeseen nähden vaihteli. Kasvaessaan ne törmäsivät lopulta toisiinsa ja niiden väliin jäi alueita, joiden järjestäytyminen oli epäsäännöllisempää ja ikään kuin harvempaa alkioiden sisustaan verrattuna. Hipsu päätteli, että nämä harvemmat alueet saattaisivat helpottaa hiiliatomien järjestäytymistä lämpötilan muuttuessa rauta-hiiliyhteisössä.

Se sai myös kuulla, että sade ei ollutkaan niin harvinainen ilmiö tasapainomaassa kuin se oli ajatellut. Harvinaisen kuiva jakso oli vain sattunut sille kaudelle, jonka Hipsu oli toistaiseksi tasapainomaassa viettänyt. Sade ei myöskään useimmiten ollut sellainen kaatosade, jonka se oli ensimmäisenä maassa kohdannut, vaan leppeämpi ja viivyttävämpi. Tämän kuullessaan Hipsu tunsii, että sillä oli koossa kaikki tarvittavat asiat seuraavan kokeen suorittamiseen.



”Ja sade tuli, aluksi harvoina pisaroina, mutta voimistuen sitten jatkuvaksi, tasaiseksi, mutta ei kovin taajaksi pisaroiden virraksi.”

Tasapainomaassa pitempään viipyneiden atomien päätellessä, että huomenna saattaisi sadella, Hipsu kutsui kiireesti koolle suurimman rauta-hiiliatomien yhteisön, jonka pystyi vajaassa päivässä saamaan kokoon. Lämpötila kutsuttiin apuun ja sitä pyydettiin nousemaan niin korkeaksi, että kaikki hiiliatomit olivat jakautuneet yksittäisinä atomeina rauta-atomien joukkoon. Sitten odotettiin sadetta. Ja sade tuli, aluksi harvoina pisaroina, mutta voimistuen sitten jatkuvaksi, tasaiseksi, mutta ei kovin taajaksi pisaroiden virraksi.

Vettä pelkäävä lämpötila lähti nytkin lipettiin, mutta ei sellaisella kiireellä kuin kaatosateen yhteydessä. Hipsu seurasi tapahtumia kiinnostuneena. Suuren yhteisön sisällä, mistä lämpötilan karkaaminen kesti kauemmin, hiiliatomit lähtivät liikkeelle heti rautarakenteen muututtua. Ne ehtivät vaeltaa suuren, jo muuttuneen yhteisön harvemmin pinoutuneille alueille, johon ne muodostivat rautakarbideja. Seurauksena rakenteeseen ei päässyt muodostumaan yhtä suurta hiiliatomien ahdinkoa kuin kaatosateen synnyttämään rakenteeseen oli muodostunut. Kaikkein hitaimmin jäähtyneissä yhteisön sisäosissa harvemmin pinoutuneet alueet olivat melkein kokonaan rautakarbidiin peittämiä. Lähempänä yhteisön reunoja harvempien alueiden karbidit olivat pienempiä, erillään toisistaan ja ahdinkoon jääneiden hiiliatomien määrä oli suurempi.

Yhteisön reunoilla, joista lämpötila pääsi karkuun nopeimmin, oli myös syntynyt rautakarbideja. Niitä muodostavat hiiliatomit eivät kuitenkaan olleet ehtineet harvemmin pinoutuneille alueille, vaan karbidialkiot olivat muodostuneet säännöllisesti pinoutuneiden rauta-atomialueiden sisälle. Ne olivat pienempiä, niitä oli tiheämmässä ja ahdinkoon jääneitä hiiliatomeja oli enemmän kuin yhteisön sisäosissa. Harvemmin pinoutuneilla alueilla ei karbideja juurikaan näkynyt.

Kaiken kaikkiaan kokeen tuloksena yhteisön reunoille syntynyt rakenne vastasi aika pitkälti sitä, mikä edellisessä kokeessa oli saatu aikaan lämpötilan uuden nostamisen avulla. Siten Hipsu saattoi päätellä ajatustensa olleen oikeansuuntaisia ja niihin perustuneen kokeensa onnistuneen. Tyytyväisenä se asettui paikoilleen ja nautti hetkisen olostaan rauta-hiiliatomien yhteisössä. Myöhempien vaiheidensa yhteydessä, parin miljoonan vuoden päästä, se sai tietää,

että kokeen tuloksena syntyneitä rakenteita kutsuttiin yleisnimellä bainiitti.

Yhteisön sisällä syntyneitä rakennetta, jossa rautakarbidiitit olivat muodostuneet harvemmin pinoutuneille alueille, kutsuttiin yläbainiitiksi, koska se oli muodostunut korkeammassa lämpötilassa. Yläbainiitti oli päästämättömän martensiitin tapaan kovaa, mutta haurasta ja murtui helposti karbidiin peittämiä harvempia alueita pitkin. Yhteisön reunoilla syntyneitä rakennetta, jossa rautakarbidiitit olivat säännöllisesti pinoutuneiden rauta-atomialueiden sisällä, kutsuttiin alabainiitiksi matalamman muodostumislämpötilansa vuoksi. Alabainiitti vastasi ominaisuuksiltaan pitkälti Hipsun aikaisemman kokeen synnyttäneitä päästömartensiittia.

Hipsu ei kuitenkaan malttanut lepäillä laakereillaan kovin kauan, kun se kerran oli päässyt onnistuneiden kokeiden makuun. Sille alkoi vähitellen valjeta, että rauta-hiiliatomien muodostama yhteisö tarjosi lähes rajattomasti mahdollisuuksia ja keinoja erilaisen rakenteiden ja ominaisuuksien saavuttamiseksi. Se tunsu viihtyvänsä tässä yhteisössä ja päätti jäädä vielä joksikin aikaa kokeilemaan näitä mahdollisuuksia. Näiden kokeiden suunnittelusta ja tuloksista kerrotaan taas seuraavissa tarinoissa.. ▲

**KAIKEN KAIKKIAAN KOKEEN TULOSENA
YHTEISÖN REUNOILLE SYNTYNYT
RAKENNE VASTASI AIKA PITKÄLTI SITÄ,
MIKÄ EDELISESSÄ KOKEESSA OLI
SAATU AIKAAN LÄMPÖTILAN UUDEN
NOSTAMISEN AVULLA.**

Osa 10: Hipsu kohtaa dislokaation

PIENEN PIENI hiiliatomi Hipsu oli päätyynyt seikkailuissaan tasapainomaahan ja kotiutunut siellä rauta- ja hiiliatomien yhteisöön. Se viihtyi hyvin tässä yhteisössä, mutta sen luontainen uteliaisuus ja kokeilunhalu saivat sen aina välillä levottomaksi ja tutkimaan, millaisia rakenteita se voisi saada yhteisössään aikaan ystäväkseen löytämänsä lämpötilan ja sen muutosten avulla. Näistä kokeiluista ja niiden tuloksista on jo kerrottu edellisissä tarinoissa.

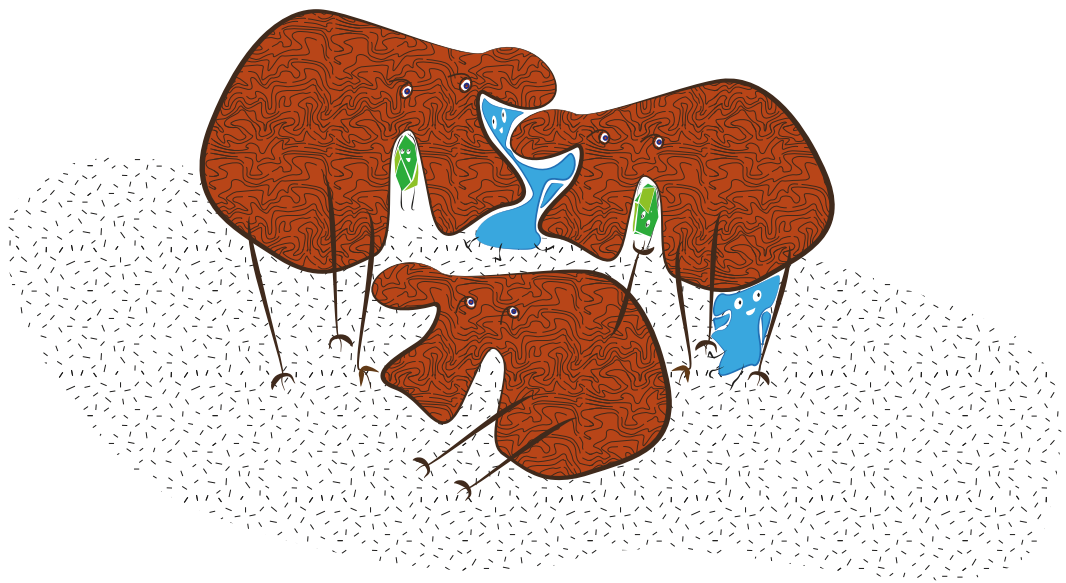
Erään kerran Hipsu oli taas koonnut rauta- ja hiiliatomien yhteisön kokeitaan varten. Nyt se oli pyytänyt mukaan myös nikkeli- ja mangaaniatomeja, jotka se oli löytänyt harhailemasta tasapainomaasta. Olipa se houkuttellut mukaan myös joitakin typpi-atomeja, vaikka ne olivatkin vähän hankalia kavereita. Heti, kun silmä välitti, kaksi typpi-atomia hakeutui yhteen ja karkasi sen myötä ilmaan ja taivaalle.

Hipsu oli kuitenkin huomannut, että rauta-atomien yhteisössä typpiatomit käyttäytyivät sen itsensä tavoin; hakeutuivat rauta-atomien väliin tyhjiin koloihin ja puikahtelivat kolosta toiseen tilanteen sen salliessa.

Nikkeli- ja mangaaniatomit sen sijaan asettuivat kylmän viileästi rauta-atomien paikalle rakenteessa, vaikka rakenne kokoeron vuoksi siitä vähän vääristyikin.

Hipsu oli kuitenkin kuullut ja sen myöhemmin kokeillaan vahvistanutkin, että kun rauta-atomien yhteisöön liittyi hiiliatomien lisäksi riittävästi sen nyt paikalle kokoamia vieraita atomeja, muuttui yhteisön rakenne sitä korkean lämpötilan rakennetta vastaavaksi, johon hiiliatomeja sopi paljon ja jossa niillä oli lokoiset olot vähän vaikeampaa liikkumista lukuun ottamatta. Rakenne myös pysyi samana lämpötilan muuttumisesta huolimatta aina mataliin lämpötiloihin asti.

Nyt Hipsu halusi kokeilla, miten nopeat lämpötilan muutokset vaikuttaisivat tähän yhteisöön. Lämpötila oli jo käynyt paikalla ja nostanut yhteisön lämpötilan korkeaksi juuri ennen kuin Hipsun näkemä synkkä sadepilvi pyyhkäisi tasapainomaan energiatasangon yli ja putouksenomainen saderyöppy kasteli kaikki, myös Hipsun yhteisön. Hipsu oli tosin jo sitä ennen paennut yhteisön sisäosiin, mistä käsin se pystyi tarkkailemaan tapahtumia sisältä käsin.



Yhteisön pintaosien jäähtyessä nopeasti yhteisön rakenne pysyi edelleen muuttumattomana, vaikka jäähtymisnopeus nousikin todella suureksi. Nyt kuitenkin jäähtynyt ja melkein kylmä pintakerros alkoi kutistuaan puristaa kuumempaa ja pehmeämpää sisäosaa kokoon. Kylmemmän kerroksen paksuuden kasvaessa alkoi sisäosissa tuntua todella ahtaalta. Epätasaisesti jäähtymisestä ja kerrospaksuudesta johtuen pyrki myös sisäosan muoto muuttumaan puristuksen ollessa joissakin paikoissa suurempi ja muualla pienempi.

Silloin kuumemman sisäosan laitamille asettunut Hipsu näki yhtäkkiä, kuinka sisäosan yhdeltä reunalta lähti liikkeelle lankamainen, kiemurteleva ja notkeasti pitkin järjestäytyneeseen rakenteeseen muodostuneita tiiviisti pakkautuneista atomeista koostuvia tasoja liikkuva olio. Se pyyhkäisi Hipsun ohi viereistä tasoa pitkin ja Hipsu tunsu sen ohi mennessä ensin pikku töytäisyn ja sitten pienen nykäisyn. Kun olio oli kulkenut ohi, huomasi Hipsu sen liikkumistason eri puolilla olevien atomien olevan yhden atomietäisyyden verran eri kohdassa alkuperäiseen sijaintiinsa nähden.

Hipsu jäi odottamaan, näkyisikö ympäristössä muita samanlaisia olioita. Ja toden totta, lämpötilan edelleen laskiessa ilmaantui toiselta suunnalta samanlainen olio, joka lähestyi hitaammin Hipsua sen omalla tasolla. Se tuntui pyrkivän liikuttamaan Hipsua pois paikoiltaan. Kaikki voimansa ponnistaen Hipsu pysyi paikoillaan ja sai olion pysähtymään eteensä. Sen hännät kiertyivät kuitenkin Hipsun ympärille ja ympäröivät lopulta Hipsun umpinaisena renkaana. Olio jätti renkaan jälkeensä ja jatkoi matkaansa jättäen Hipsun lievään ahdistuksen tilaan.

”Mikä tai kuka sinä oikeastaan olet ja mitä sinä teet?”, kysyi Hipsu ympärillään kiristävältä renkaalta. ”Olen viivamainen rakennevirhe ja yritän sovittaa tätä kuumaa sisäosaa paremmin yhteen tuon jäähtyneen kuoren kanssa”, sanoi olio. ”Kaukana tulevaisuudessa kutsuvat minua kuulemma dislokaatioksi”, se jatkoi. ”Synnyttän liikkuessani hyvin pieniä pysyviä muodonmuutoksia, ja kun meitä on paljon, saamme yhdessä aikaan myös isompia, näkyviä muodonmuutoksia. Lämpötila vaikuttaa liikkumiskykyymme, ja nytkin tässä alkaa olla jo hyvin hankala liikkua”, se selitti.

Hipsu halusi nähdä lisää dislokaatioita. Se pujotautui pois ahdistavasta renkaasta ja livahti seuraavalla

atomitasolla sijaitsevaan koloon. Katsoessaan jälkeensä se huomasi renkaan kutistuvan hieman, mutta jäävän paikoilleen. Hipsu siirtyi ripeästi kohti yhteisön keskustaa, missä lämpötila oli vielä korkeampi ja ryhtyi tähyilemään ympärilleen uusia dislokaatioita etsien.

Se näkikin muutamia liikkeellä olevia yksilöitä ja seuraili kiinnostuneena niiden etenemistä. Pian se havaitsi, että yksittäiset nikkeli- ja mangaaniatomit olivat vahva este dislokaatioiden liikkeelle ja pystyivät pysäyttämään liikkuvan dislokaation eteensä. Eivät dislokaatiotkaan kuitenkaan jääneet neuvottomiksi. Jotkut kiertyivät esteenä olevan atomin ympäri Hipsun jo kokemaan tapaan ja jatkoivat matkaansa jättäen jälkeensä renkaan esteatomien ympärille. Toiset taas väistivät atomin näppärästi siirtymällä liikkumaan toisilla rakenteen tasoilla ja jatkamalla siellä matkaansa. Useampia atomeja sisältäviä ryhmittymiä kuten rautakarbideja dislokaatiot eivät pystyneet väistämään, vaan vaihtoehdoiksi jäivät joko pysähtyminen tai kiertyminen ryhmittymän ympäri.

Hipsu seurasi kiinnostuneena myös hiili- ja typpiatomien kanssakäymistä dislokaatioiden kanssa. Jotkut halusivat pysäyttää dislokaatiot paikoilleen. Siihen tarvittiin yleensä useampia atomeja, jotka samalla alueella yhdessä toimiessaan pystyivät tuon tempun tekemään. Jotkut taas lyöttäytyivät liikkeellä olevan dislokaation matkaan ja dislokaatio veti niitä mukanaan vastentah- toisesti ja puuskuttaen. Muutamat hiili- ja typpiatomit jopa härnäsivät dislokaatioita pitämällä välillä kiinni ja päästämällä taas menemään. Lämpötilan laskiessa kaikkien liikkeet hidastuivat ja lopulta ne jäivät voipuneina paikoilleen.

Kaiken hiljennettyä Hipsu pohti näkemäänsä ja kokemaansa. Sen mielessä alkoi kehittyä aavistus jostain tärkeästä, jota se ei kuitenkaan pystynyt heti hahmottamaan. Yritettyään aikansa saada itävän ajatuksen päästä paremmin kiinni se kuitenkin jätti asian hautumaan ja päätti palata miettimään sitä yön yli nukuttuaan. Osaatkohan sinä arvata, mikä ajatus Hipsun mielessä oli kehittyvässä? Ellet vielä, niin palatkaamme mekin asiaan seuraavissa tarinoissa. ▲

Osa 11: Hippasilla dislokaatioiden kanssa

TASAPAINOMAAHAN JA sieltä löytämänsä rauta-hiiliatomien yhteisöön kotiutunut pienen pieni hiiliatomi Hipsu oli edellisen kokemuksensa jäljiltä vähän ihmeissään. Se oli tavannut muutamia mielenkiintoisia uusia tuttavuuksia, jotka sanoivat heitä kutsuttavan joskus tulevaisuudessa dislokaatioiksi. Ne kertoivat Hipsulle välittävänsä yhteisörakenteessa muodonmuutoksia, jotka voivat lieventää yhteisöön ympäristöstä tulevien tekijöiden aiheuttamaa ahdistusta.

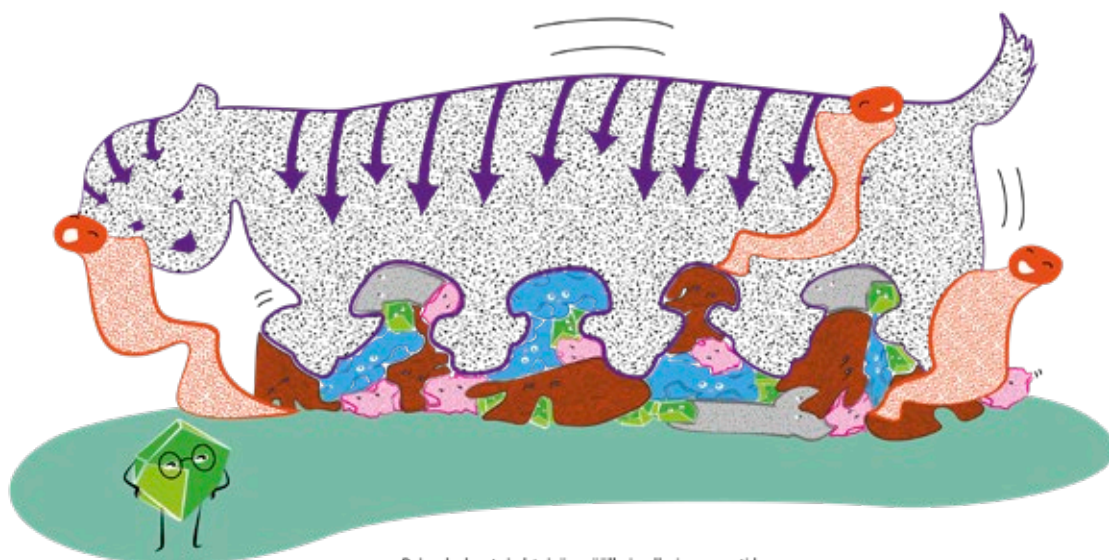
Itse asiassa Hipsu oli tavannutkin ensimmäiset dislokaatiot tilanteessa, jossa yhteisön uloimpien osien nopea jäähtyminen ja kutistuminen oli synnyttänyt kuumempaan ja hitaammin jäähtyneeseen sisäosaan melkoisen puristavan ahdingon. Sitä ahdingoa dislokaatiot väittivät voivansa muodonmuutosten kautta lieventää.

Hipsu jäi pohtimaan muodonmuutosta. Se oli huomannut, että dislokaation kuljettua ohi pitkän yhteisörakenteessa olevaa tiiviisti pakkautuneiden atomien muodostamaa atomitasoa yhteisön rakenne oli ohituksen jälkeen täysin ennallaan. Ennallaan lukuun ottamatta sitä, että tason eri puolilla olevat atomit sijaittivat yhden atomietäisyyden verran uusissa

paikoissa alkuperäiseen tilanteeseen nähden. Hipsu pohti, mitä rakenteelle kenties tapahtuisi, jos oikein suuria dislokaatiomääriä olisi samanaikaisesti liikkeellä yhteisössä. Miten tuota voisi kokeilla?

Kekseliäänä kaverina Hipsu oivalsi pian, että jos dislokaatiot välittävät muodonmuutosta, niin muodonmuutoksen täytyi synnyttää ja liikuttaa dislokaatioita tapahtuakseen. Hipsu muisti myös kuulleen, että tasapainomaassa vaikutti lämpötilan lisäksi myös toinen tekijä, paine, jota varsinkin löyhemmät yhteisöt olivat kokeilleet hakiessaan lopullista olomuotoaan. Edelleen Hipsu muisti, että aiemman tapaamisen yhteydessä dislokaatiot olivat valittaneet liikkumisen käyvän huonoksi lämpötilan laskiessa. Ja pian Hipsulla olivatkin ainekset koossa seuraavaa koetta varten.

Se kutsui koolle jo tutun rauta-hiiliatomien yhteisön, johon se pyysi edellisen kokeilun mukaisesti myös nikkeli- ja mangaani- sekä typpi-atomeja, joiden se oli nähnyt kykenevän vaikuttamaan dislokaatioihin. Se kutsui paikalle myös lämpötilan, jota se pyysi asettumaan sellaiseen arvoon, jossa dislokaatiot olivat edellisessä kokeessa kyenneet hyvin liikkumaan. Lopulta se kutsui paikalle myös paineen ja pyysi sitä litistämään yhteisöä maata vasten. Hipsu varoitti



Paine laskeutui yhteisön päälle ja alkoi varovasti kasvaa...
...yhä uusia dislokaatioita muodostui ja lähti liikkeelle.

painetta äkkinäisistä liikkeistä ja sanoi, että paineen piti heti hellittää Hipsun sitä pyytäessä.

Kun kaikki oli kohdallaan, Hipsu livahti sisään yhteisöön ja antoi paineelle merkin. Paine laskeutui yhteisön päälle ja alkoi varovasti kasvaa. Eikä aikaa-kaan, kun Hipsu huomasi ensimmäisten dislokaatioiden lähtevän liikkeelle yhteisön ylä- ja alaosissa, joihin paineen aiheuttama ahdinko kohdistui voimakkaimpana.

Paine jatkoi kasvamisestaan. Yhä uusia dislokaatioita muodostui ja lähti liikkeelle. Aluksi niitä oli vain yhdellä tiiviisti pakkautuneella tasolla, mutta paineen kasvaessa niitä alkoi muodostua ja liikkua myös muilla, risteävässä asennossa olevilla vastaavilla tasoilla. Pääasiassa paikallaan, rauta-atomeilta valtaamissaan paikoissa jököttävät nikkeli- ja mangaaniatomit koettivat niitä jarrutella ja pidätellä, mutta paineen kasvaessa niiden oli useimmiten pakko päästää irti ja dislokaatiot pyyhkäisivät ilkkuen matkoihinsa.

Sen sijaan hiili- ja typpiatomit havaitsivat tilaisuutensa ilmaiseen kyytiin tulleen. Ne takertuivat dislokaatioihin ja matkasivat niiden mukana rakenteessa sen atomien välisiä tyhjiä koloja pitkin. Kun niitä tarttui samanaikaisesti useita samaan dislokaatioon, sen liike hidastui ja saattoi jopa pysähtyä, koska dislokaatio ei jaksanut enää raahata kaikkia mukanaan. Atomit saattoivat silloin päästää irti, antoivat dislokaation mennä matkoihinsa ja lähtivät pyydystämään uusia dislokaatioita kyytipojikseen. Jopa tapahtumia yleensä viileästi tarkkaileva Hipsukin innostui ja otti hyvät kyydit muutaman dislokaation hännässä.

Jotkut atomit ja atomiryhmät ryhtyivät suorastaan hännäämään dislokaatioita. Ne tarttuivat kiinni, matkasivat ja jarruttivat aikansa ja päästivät lopulta irti tarttuakseen johonkin uuteen tai uudestaan äskeiseen matkakumppaniinsa. Kun yhä useammat hiili- ja typpiatomit liittyivät tähän leikkiin, alkoi dislokaatioiden eteneminen muuttua nykiväksi, vuorottaisten etenemisten ja pysähdysten kontrolloimaksi. Varsinkin typpiatomit osoittautuivat tässä leikissä hyvin näppäriksi, mutta niillä olikin Hipsun mielestä aina jokin koiruus mielessä.

Lopulta tämä hippasilla olo alkoi paineen edelleen kasvaessa karata Hipsun käsistä ja meno yltä liian villiksi. Eri tasoilla liikkuvat dislokaatiot törmäilivät

toisiinsa ja joko leikkautuivat toistensa läpi tai takertuivat pysyvästi toisiinsa. Koko rakenne alkoi olla kaaoksessa, ja niinpä Hipsu antoikin paineelle sovitun merkin. Paine lopetti kasvamisensa ja alkoi hiljalleen laskea. Dislokaatiot hidastuivat ja pysähtyivät yksi kerrallaan paikoilleen.

Nyt hiili- ja typpiatomit huomasivat, että dislokaatioiden ympärillä rakenteen atomien pinousjärjestys oli vähän harvempi kuin kauempana dislokaatioista. Suurin joukoin ne vaelsivat dislokaatioiden luo ja asettuivat mukavampiin asemiin muodostaen pilvimäisiä kasaumia dislokaatioihin ja niiden ympärille. Loputkin vielä liikkeellä olevat dislokaatiot pysähtyivät ja tilanne rauhoittui. Paine lähti matkoihinsa Hipsun kiitosten saattelemana, ja myös lämpötila seurasi sen esimerkkiä.

Hipsu tarkasteli tilannetta kiinnostuneena. Yhteisön muoto oli nyt hyvin litteä alkuperäiseen pallomaiseen muotoon verrattuna. Valtaosaltaan sen sisäinen rakenne näytti olevan ennallaan, mutta uutena piirteenä olivat kaikkialla makailevat, sotkuisia vyyhtejä muodostavat dislokaatiot. Lämpötilan laskun myötä toisiinsa, nikkeli- ja mangaaniatomeihin ja hiili- sekä typpiatomien kasaumiin takertuneina ne olivat täysin menettäneet liikkumiskykynsä.

Hipsu mietti, pääsevätkö dislokaatiot enää ikänä uudestaan liikkeelle ja mitä siihen mahdettaisiin tarvita. Se muisti myös edellisen kokeen yhteydessä saaneensa kiinni jostain hyvin tärkeästä ajatuksesta, jota se ei kuitenkaan ollut kyennyt lopullisesti hahmottamaan. Nyt se tunsu taas olevansa vähän lähempänä ajatuksen selkiintymistä ja asian ratkaisua, mutta kiusallisesti se jäi vieläkin joiltakin osiltaan hämärän peittoon.

Mistäpä Hipsu tiesi, että se oli ollut todistamassa myöhemmin *myötövanhenemisen* nimellä tunnettua ilmiötä, sekä sen *dynaamista* että *staattista* alalajia. Uuden kokemuksensa myötä Hipsu oli taas hiukan lähempänä aavistamansa kuningasajatuksen kirkastumista. Jotta mekin pääsisimme siitä selville, pitää meidän vielä matkata yhdessä Hipsun kanssa kohti uusia seikkailuja. ▲

Osa 12: Hipsu kokee valaistumisen

PIENEN PIENI hiiliatomi Hipsu oli ymmällään ja vähän ahdistunutkin. Se oli kotiutunut tasapainomaasta löytämänsä rauta-hiiliatomien yhteisöön, josta se oli löytänyt paljon mielenkiintoisia mahdollisuuksia erilaisten rakenteiden ja olotilojen muodostamiseen. Viimeisimmässä kokeessaan Hipsu oli testannut lievästi korotetun lämpötilan ja paineen yhteisvaikutusta nikkeli-, mangaani- ja typpi-atomeilla höystettyyn kotiyhteisöönsä. Nyt se oli tuloksista perin hämmästyntynyt ja vähän huolissaankin koko yhteisön puolesta.

Paine oli näet litistänyt alun perin pallomaisen yhteisön pullean kiekon muotoiseksi. Litistymisen yhteydessä oli syntynyt suuria määriä Hipsun uusia tuttavuuksia, dislokaatioita, jotka kirmailivat rakenteessa sen atomitasoja pitkin ja jotka saivat vain lisää vauhtia paineen kasvaessa. Rakenteessa olevat ja lämpötilan ansiosta helpohkosti liikkuvat hiili- ja typpiatomit olivat tuota kirmailua hillinneet takertumalla kiinni dislokaatioihin ja laahautumalla niiden mukana. Myös tiukemmin paikallaan jököttäneet nikkeli- ja mangaaniatomit olivat jarrutusta harrastaneet kääntelehtimällä paikoillaan ja matkustamalla lyhyitä matkoja dislokaatioiden kyydissä.

Paineen kadottua ja lämpötilan laskiessa yhteisön hiiliatomit sekä vierailulla olevat typpi-, nikkeli- ja mangaaniatomit olivat kiireesti hakeutuneet pysähtyneiden dislokaatioiden läheisyyteen muodostuneille

harvemman pinousjärjestyksen alueille oloaan helpottaakseen. Siinä ne nyt löhöivät yhdessä sotkuisen dislokaatiovyöhyhtien kanssa ja koko rakenne oli jähmettyneessä kaaoksessa.

Järjestykseen tottunutta Hipsua tilanne ei lainkaan miellyttänyt. Se pohti pohtimistaan, miten se saisi järjestyksen palautetuksi rakenteeseen ja pääsisi eroon siihen sotkeutuneista dislokaatioista. Ne olivat aluksi tuntuneet ihan mukavilta ja harmittomilta, mutta nyt niitä vain oli kerta kaikkiaan liikaa. Dislokaatiot tuntuivat kuitenkin tyytyneen olotilaansa ja istuivat tukevasti paikoillaan, eivätkä niihin kertyneet atomitkaan tuntuneet olevan lähdessä mihinkään.

Lopulta Hipsu päätteli, että sen oli yritettävä vapauttaa dislokaatiot uudelleen liikkeelle paineen avulla, kun ne kerran olivat paineen vaikutuksesta syntyneetkin ja kulkeutuneet nykyisille sijoilleen. Hipsu mietiskeli myös, että lämpötilan jättäminen pois saattaisi vaikeuttaa hiiliatomien ja vieraiden atomien liikettä siinä määrin, että ne eivät pystyisi seuraamaan liikkeelle ajettuja dislokaatioita. Tällöin paine saattaisi lopulta kyetä ajamaan dislokaatiot kokonaan pois Hipsun yhteisöstä. Menkööt muualle makailemaan!

Tuumasta toimeen. Hipsu kutsui paineen paikalle, pyysi sitä asettumaan yhteisön päälle ja kasvamaan varovasti edellisen kokeen tapaan. Itse Hipsu pujahti yhteisön sisälle nähdäkseen, mitä rakentees-



„...osa dislokaatioista rynnäsi yhteisön reunan yli sopulilauman tavoin ja katosi saman tien olemattomiin jättäen kukin yhden atomietäisyyden suuruisen siirroksen yhteisön pintaan.”

sa tapahtui. Se jäi kuitenkin lähelle yhteisön reunaa voidakseen yhtäältä nähdä, miten reunalle saapuvien dislokaatioiden kävisi ja pystyäkseen toisaalta seuraamaan paineen muutoksia ja käyttäytymistä. Eipä se lämpötilan puuttuessa olisi kovin nopeasti syvemälle päässytäkään.

Vähitellen paine kasvoi niihin lukemiin, joissa edellisessä kokeessa dislokaatiot olivat jo atomien jarrutuksesta huolimatta pyyhkäisseet kelpo vauhdilla pitkin atomitasoja. Nyt rakenteessa ei tapahtunut vielä mitään. Jotkin dislokaatiot vähän kaareutuivat niitä pidättelevien atomien välistä, mutta yksikään ei päässyt liikkeelle. Pian paine kertoi Hipsulle saavutaneensa edellisen kokeen maksimitason, mutta vieläkään ei tapahtunut mitään. Se kysyi Hipsulta luvan jatkaa kasvuaan, ja hetken tilannetta ihmeteltyään Hipsu myöntyi ajatukseen.

Paine kasvoi ja kasvoi ja kasvoi varovaisin askelin, mutta mitään ei tapahtunut. Se alkoi jo hiukan läähättää ja kysyi Hipsulta, josko vielä jatkettaisiin sanoen jo olevansa lähellä omia ääri rajojaan. Paine epäili jo ääneen Hipsulle yhteisörakenteen olevan niin luja, ettei se ehkä kykenisi lainkaan käynnistämään siinä dislokaatioiden liikettä ja muodonmuutosta. Se pelkäsi koko yhteisön joko luhistuvan kasaan tai räjähtävän taivaan tuuliin jostakin paineverhoon repeävästä aukosta. Hipsuakin tilanne alkoi vahvasti epäilyttää, mutta se kuitenkin kehotti painetta ponnistamaan vielä muutaman pykälän lisää, kun kerran näin pitkälle oli tultu. Kaikki tai ei mitään, ajatteli Hipsu uhmakkaasti.

Paine punoitti ja ähisi ponnistellessaan yhä korkeampiin lukemiin. Se veti juuri henkeään viimeiseen ponnistukseensa, kun tilanne yhteisön sisällä yhtäkkiä laukesi. Kaikki dislokaatiot riistäytyivät samalla kertaa irti pidättelevistä esteistään ja ryntäsivät rintamana liikkeelle. Olotilaansa tottuneet dislokaatioihin vaeltaneet hiili- ja vieraat atomit yrittivät vielä pidätellä karkaavia dislokaatioita, mutta kykenivät aiheuttamaan vain hetken kestävästä jarrutuksesta ja epäjatkuvuutta niiden liikkeeseen. Lopulta ne jäivät kaikkialta ryntäävien dislokaatioiden jalkoihin ja koettivat vain selviytyä niiden virrassa parhaansa mukaan.

Dislokaatioiden yhtäaikainen rynnistäminen liikkeelle ja siihen liittyvä yhteisön vauhdikas litistyminen helpottivat hiukan paineen olo tilaa. Se pystyi hetken

ylläpitämään dislokaatioliikettä ja muodonmuutosta alhaisemmalla tasolla, vaikka kyyti oli melko tärkeää johtuen dislokaatioiden epäjatkovasta liikkeestä. Sitten yhteisön sisällä kaikkiin mahdollisiin suuntiin törmäilevät dislokaatiot alkoivat sotkeutua yhä pahemmin toisiinsa, ja muodonmuutos alkoi taas vaikeutua. Paine koetti vielä hetken jatkaa kasvuaan Hipsun ohjeen mukaan, mutta vastus kohosi liian suureksi ja paineen oli pakko hellittää ja vetäytyä lepäämään.

Yhteisön reunalla tilannetta tarkkaillut Hipsu näki pahimman ryntäyksen aikaan, kuinka osa dislokaatioista tosiaan ryntäsi yhteisön reunan yli sopulilaudan tavoin ja katosi saman tien olemattomiin jättäen kukin yhden atomietäisyyden suuruisen siirroksen yhteisön pintaan. Suurin osa dislokaatioista kuitenkin epäröi reunan yli ryntäämistä ja pysyi yhteisön sisällä sotkeutuen perässään tulevien kanssa. Paineen hellittäessä ja poistuessa maisemaan tilanne jäähmettyi paikoilleen. Pahasti litistyneen yhteisön rakenne oli tämän kokeen jälkeen, jos mahdollista, vieläkin sotkuisempi ja kaoottisempi kuin ennen koetta. Hipsu tunsu voimakkaasti epäonnistuneensa ja oli yhteisönä puolesta murheellinen.

Myöhemmin koetta ajatellessaan Hipsu koki äkkiä merkittävän valaistumisen. Se muisti paineen epäillään yhteisön olevan niin luja, ettei se ehkä kykenisi lainkaan käynnistämään siinä dislokaatioliikettä ja muodonmuutosta. Silloin Hipsu tajusi sen totuuden, josta se oli jo aiempien kokeiden yhteydessä saanut viitteitä, mutta jota se ei ollut aiemmin kyennyt täsmällisesti hahmottamaan. Nyt Hipsu ymmärsi, että: *Metallirakenteen lujuus on sen kyky vastustaa siinä tapahtuvaa pysyvää muodonmuutosta eli dislokaatioliikettä ja lujuuden kasvattaminen on dislokaatioliikkeen vaikeuttamista eri tavoin.* Tämän totuuden löytäminen ja ymmärtäminen helpottivat Hipsua suuresti ja saivat alussa suurelta tuntuneen epäonnistumisen kääntymään melkein voitoksi.

Yhteisö oli kuitenkin edelleen kaoottisessa tilassa ja Hipsu jäi miettimään, miten tilanteen saisi korjatuksi ja järjestyksen palautetuksi. Osaisitko sinä kertoa Hipsulle, miten sen tulisi menetellä tämän saavuttaakseen? Ellet, niin katsotaanpa seuraavassa tarinassa, miten neuvokas Hipsu lähti asiaa selvittämään. ▲

Osa 13: Järjestys palautuu

PIENEN PIENI hiiliatomi Hipsu oli kaksijakoisissa tunnelmissa. Yhtäältä se tunsu suurta ylpeyttä siitä, että oli edellisen kokeen yhteydessä oivaltanut metallirakenteen muodonmuutoksen ja lujuuden välisen yhteyden ja sitä myöten sisäistänyt myös lujuuden kasvattamisen eli lujittamisen periaatteen. Toisaalta se tunsu suurta harmistumista siitä kaoottisesta tilasta, johon sen kodikseen mieltämä rauta-hiiliatomien yhteisö oli kokeen seurauksena jämähäntynyt.

Hipsun yritys karkottaa dislokaatiot rakenteesta paineen avulla oli surkeasti epäonnistunut ja niiden määrä oli vain lisääntynyt. Nyt dislokaatioita maata röhötti kaikkialla, ja rakenne oli paitsi hirveän sotkuinen, myös suuressa ahdistuksen tilassa. Mikään ei liikkunut, ja kaikki vain makasivat paikoillaan. Vaikka Hipsulla ei ollutkaan silmiä selässään, se oli tuntevinaan lähinaapurien pahansuopia katseita ja kuulevinaan voimistuvaa tyytymättömyyden kitinää sieltä ja täältä.

Mitä tehdä? Hipsu mietti ankarasti. Paineesta ei selvästikään ollut apua, koska rakenne ei sitä yksinkertaisesti enempää sietänyt. Hipsu muisti kyllä, että lämpötilalla oli dislokaatioiden liikettä helpottava vaikutus. Se pohti mielessään, olisiko tätä kautta mahdollista saada dislokaatiot itse hakeutumaan pienem-

män ahdistuksen tilaan. Samalla rakenteeseen voisi ehkä palautua edes osa sen alkuperäisestä järjestyksestä. Hipsun mielessä käväisi jopa synkeä toive siitä, että dislokaatiot vapautumisen hurmassa intoutuisivat syömään toisiaan.

Tuumasta toimeen. Hipsu kutsui lämpötilan vielä kerran paikalle ja pyysi sitä kohoamaan hitaasti alueelle, jossa aikaisemmin oli nähnyt dislokaatioiden pystyvän liikehtimään itsekseen. Lämpötilan nousun myötä Hipsu näkikin joidenkin dislokaatioiden ikään kuin heräävän horroksestaan jo varsin matalissa lämpötiloissa. Ne liikahtelivat tunnustellen, kohottelivat itseään, venyttelivät ja alkoivat sitten vetäytyä mahdollisimman suoriksi liikettään hidastavien kohtien välissä.

Hipsu oli yllättynyt siitä, että tällaista alkoi tapahtua jo varsin matalissa lämpötiloissa aikaisempiin kokemuksiin verrattuna. Se päätteli, että dislokaatioiden runsaudesta johtuva suuri ahdistus pakotti ne etsimään kaikki mahdolliset keinot olonsa helpottamiseksi. Lämpötilan edelleen noustessa dislokaatioiden liikehdintä vilkastui, ja jotkut niistä alkoivat jo oikenemisen lisäksi päästä irti liikettään estävistä kohdista. Yhteisössä alkoi myös tuntua ensimmäisiä pieniä merkkejä ahdistuksen lievenemisestä.



"Hipsun yritys karkottaa dislokaatiot rakenteesta paineen avulla oli surkeasti epäonnistunut ja niiden määrä oli vain lisääntynyt."

Esteistään vapautuneet ja suoriksi oienneet dislokaatiot alkoivat lämpötilan edelleen noustessa ryhmittyä yhdensuuntaisiksi päällekkäin olevilla liukutasoilla. Yhdensuuntaiset dislokaatiot muodostivat yhteisöön ikään kuin valleja tai seinämiä, joihin liittyi yhä uusia dislokaatioita lämpötilan edelleen noustessa ja yhä suurempien dislokaatiomäärien vapautuessa liikkumaan. Yhä uusia erisuuntaisia seinämiä muodostui rakenteeseen, ja Hipsu huomasi, että seinämän kohdalla liukutasojen suunta alkoi muuttua sitä enemmän, mitä enemmän dislokaatioita seinämään liittyi.

Vaikka Hipsu ei ymmärtänyt syytä dislokaatioiden moiseen käytökseen, se ei voinut olla tuntematta rakenteessa vaikuttavan ahdistuksen helpotumista. Se näki myös, että seinämien väliset alueet alkoivat vähitellen puhdistua dislokaatioista, kun yhä suuremmat määrät liittyivät syntyviin seinämiin. Vaikka dislokaatiot eivät Hipsun synkimmän toiveen mukaisesti intoutuneetkaan syömään toisiaan, niin niistä puhdistuneiden alueiden määrä yhteisössä kasvoi kasvamistaan.

Lopulta lämpötila pystyi vapauttamaan kaikki dislokaatiot pidäkkeistään. Vapaat dislokaatiot ryntäsivät riemuissaan syntyneisiin seinämiin. Seurauksena seinämiin liittyvä liukutasojen suunnan muutos kasvoi niin suureksi, että rakenne ikään kuin lohkesi pitkin seinämää ja seinämän paikalle syntyi tavallinen raeraja. Seinämän dislokaatiot katosivat raerajan harvempaan pinousjärjestykseen. Samalla kaikki dislokaatioihin ja liukutasojen suunnan muutokseen seinämällä liittynyt ahdistus katosi rakenteesta. Yhteisössä rauta- ja hiiliatomien lisäksi olevat vieraat atomit vaelsivat mahdollisuuksiensa mukaan raerajojen harvemmin pinoutuneille alueille.

Prosessi eteni lähes yhdessä humauksessa läpi koko yhteisön. Lopputuloksena yhteisön rakenne oli pilkkoutunut pienemmiksi rakeiksi. Vieraat atomit löytyivät pääasiassa raerajoilta. Dislokaatiot olivat kadonneet raerajoille, ja rakeiden sisustat olivat täysin puhtaat dislokaatioista. Niissä vallitsi yhteisön alkuperäinen pinousjärjestys, ja kaikki rakenteen ahdistukset olivat kadonneet raerajojen muodostumisen myötä.

Lämpötilan edelleen noustessa Hipsu huomasi, että raerajat alkoivat liikehtiä ja näytti siltä, että ympäristöään suuremmat rakeet alkoivat tämän seurauk-

senä kasvaa pienempien naapuriensa kustannuksella. Prosessi eteni alussa varsin hitaasti, mutta näytti vauhdittuvan lämpötilan kasvun myötä. Hipsu päätteli, että aikaa myöten myös raerajat alkaisivat poistua rakenteesta ja yhteisö palaisi täydellisesti rakenteeltaan alkuperäistä vastaavaksi.

Se päätteli myös, että tämä kestäisi varsin kauan tai vaatisi korkeita lämpötiloja eikä siitä alkuperäisen tavoitteen eli järjestyksen palauttamisen ja ahdistuksen poistamisen kannalta olisi enää suurta hyötyä. Hipsu ei myöskään halunnut viedä lämpötilaa niin korkeaksi, että rauta-hiiliatomien muodostaman yhteisön rakenteesta tapahtuisi edellisissä kokeissa havaittuja pinousjärjestyksen muutoksia. Siksi Hipsu päätti lopettaa kokeen, kiitti lämpötilaa ja päästi sen menemään matkoihinsa.

Hipsu oli riemuissaan. Vaikka dislokaatiot eivät olleetkaan intoutuneet syömään toisiaan, olivat raerajat hoitaneet tämän tehtävän ja poistaneet dislokaatiot rakenteesta. Vaikka yhteisö oli edelleen edellisessä kokeessa syntyneessä litteässä muodossaan, sen sisällä vallitsi rauha ja levollisuus. Kaikki muodonmuutokseen ja valtaviin dislokaatiomääriin liittynyt ahdistus oli poissa, ja yhteisö oli varsin lähellä lopullista tasapainotilaansa. Sitä myöten yhteisö oli valmis vaikka uuteen muodonmuutokseen.

Vasta myöhempien vaiheidensa yhteydessä Hipsu tuli tietämään, että se oli saanut yhteisössään aikaan muokatun metallirakenteen *elpymis-* eli *rekristallatioprosessin*. Se oli myös nähnyt tai ainakin ennakooinut prosessin kaikki kolme vaihetta, *toipumisen*, *primäärin rekristallaation* ja *rakeenkasvun*. Niiden myötä muokkauksessa lujittuneen yhteisön rakenne ja ominaisuudet palautuivat lähes alkuperäistä muokkaamatonta tilaa vastaaviksi.

Hipsu lepäili yhteisössään ja tunsikin taas olevansa sen hyväksytty jäsen. Aikaa myöten sen utelias ja vähän levotonkin mieli alkoi kuitenkin kaivata taas jotakin uutta. Se oli mielestään käyttänyt kaikki saatavillaan olevat tutkimusmahdollisuudet omassa rauta-hiiliatomien yhteisössään ja myös muiden metallien maailmassa ja tunsikin olevansa jollain tavalla valmis siirtymään kohti jotain kokonaan uutta. Toistaiseksi se kuitenkin tunsikin olonsa tässä yhteisössä riittävän hyväksi ja päätti odottaa, mitä tulevaisuus tuo tullessaan.▲

Osa 14: Lämpötila tekee tepposet

SINÄ TALVENA tasapainomaassa oli todella kylmä. Energiatasangolla vaeltelevat yksittäiset atomit olivat jähmettyneet paikoilleen eikä sinne tänne muodostuneissa atomien yhteisöissä näkynyt minkäänlaista liikehdintää. Lämpövärtelyliikkeen amplitudikin oli kutistunut miltei olemattomiin.

Sinänsä kylmyys ei Hipsu Hiiltä tai muita tasapainomaan atomeja pahemmin haitannut. Ne kököttivät tyytyväisinä paikoillaan joko yksinään tai erilaisissa yhteisöissään ja odottivat lämpötilan saapumista ja liikkumismahdollisuuksiensa paranemista kevään myötä. Lämpötila näytti nyt vain karanneen jopa harvinaisen kauas.

Hipsu lepäili uusimmassa yhteisössään. Se oli viettänyt hyvän tovin edellisessä, nikkeli-, mangaani- ja typpi-atomeilla höystetyssä rauta- ja hiiliatomien yhteisössään, jossa se oli oppinut tuntemaan dislokaatiot ja oivaltanut niiden merkityksen metallien muodonmuutoksen ja lujuuden kannalta. Yhteisö oli jäänyt Hipsun kokeilujen jäljiltä litteäksi kuin pannukakku, mutta sen sisällä vallitsi rauha ja levollinen mieliala lämpötilan saatua hämmennystä herättäneet dislokaatiot katoamaan ja niiden aiheuttaman ahdistuksen lievenemään.

Levottoman sielunsa ja uteliaan luonteensa mukaisesti Hipsu oli kuitenkin halunnut lähteä etsimään uusia haasteita ja oppimaan uusia asioita. Se muisti aikaisemmista kokeistaan, että pelkistä rauta- ja hiiliatomeista koostuvassa yhteisössä rakenteeksi muodostui varsinkin hitailla lämpötilan muutoksilla rauta-atomien harvempi pinousjärjestys, johon kuitenkin mahtui sijoittumaan vain huomattavan pieni määrä yksittäisiä hiiliatomeja. Yhteisössä olleet ylimääräiset hiiliatomit joutuivat sitoutumaan rautakarbideiksi.

Hipsua oli kiinnostanut nähdä, miten tällainen rakenne käyttäytyisi paineen alaisena. Tapahtuisiko siinä samoja ilmiöitä kuin Hipsun edellisessä, nikkeli-, mangaani- ja typpi-atomeilla höystetyssä tiiviimmän pakkautuneessa rauta- ja hiiliatomien yhteisössä, johon kuitenkin mahtui paljon enemmän yksittäisiä hiiliatomeja? Niinpä Hipsu oli kutsunut kesällä koolle uuden, pelkistä rauta- ja hiiliatomeista koostuvan yhteisön ja toistanut siinä paineen ja lämpötilan avulla samat kokeet kuin edellisessä yhteisössään.

Tulokset olivat pitkälti olleet samankaltaisia. Tosin muodonmuutoksen käynnistämiseen ja dislokaatioiden liikkeeseen tarvittava paine oli suurempi, koska rakenteessa ei ollut tiiviisti pakattuja atomitasoja,



*Atomit kököttivät tyytyväisinä paikoillaan joko yksinään tai erilaisissa yhteisöissään ja odottivat lämpötilan saapumista ja liikkumismahdollisuuksiensa paranemista kevään myötä.

joita pitkin dislokaatiot olisivat voineet helpommin edetä. Myös dislokaatioiden määrä ja niiden sotkeutumisen toisiinsa oli vähäisempää. Lopputulos paineen poistuessa oli kuitenkin sama; litistyneen yhteisön sisällä dislokaatioita oli sotkuisina vyyhteinä yltymperiinsä. Erityisesti karbidisulkemien ympäristöt olivat koonneet runsaasti ruuhkautuneita dislokaatioita. Rakenteessa vallitsi edellisestä tuttu ahdistuksen tila.

Lämpötila oli myös saanut aikaan edellistä koetta vastaavia ilmiöitä. Lämpötilan noustessa dislokaatiot alkoivat liikehtiä ja ryhmittyä uudelleen muodostaen edellistä koetta vastaavia seinämäisiä rakenteita. Lopulta dislokaatioseinämät romahtivat raerajoiksi, ja dislokaatiot sekä niiden aiheuttama ahdistus katosivat rakenteesta. Karbidit tosin halusivat pitää tiukemmin kiinni dislokaatioista, ja niiden ympäristöön olikin jäänyt joitakin harvoja takertuneita yksilöitä.

Kaikki tämä oli tapahtunut Hipsun hämmästyksiksi lämpötiloissa, joissa rauta-atomien yhteisön rakenne pysyi samana muuttumatta tiiviimmäksi korkean lämpötilan rakenteeksi. Raekoko oli tosin Hipsun uteliaisuuden johdosta päässyt kasvamaan melko suureksi. Hipsu oli näet halunnut viipyä pitkempään korkeassa lämpötilassa nähdäkseen, miten karbidien läsnäolo vaikuttaisi raerajojen liikkeeseen.

Hipsu oli myös käynyt tarkastamassa yhteisön vointia sen eri alueilla ja todennut sen hyväksi lukuun ottamatta joitakin yksittäisiä kohtia yhteisön reunoilla, joissa rauta-atomien väliset sidokset olivat pettäneet voimakkaimman muodonmuutoksen ansiosta ja ne olivat jääneet erilleen toisistaan. Sellaisia Hipsu ei ollut havainnut edellisessä yhteisössään.

Hipsu lepäili uudessa yhteisössään pohtien mielissään uusia seikkailumahdollisuuksia, kun äkkiä noussut raju talvimyrsky alkoi heitellä tasapainomaan energiatasangolle sitä ympäröiviltä energiakukkuloilta sinne talven aikana kertyneitä jääkimpaleita. Taisipa joukossa olla joitakin rinteille jumiin jääneitä atomeja ja atomiyhteisöjäkin. Kyseessä voivat olla myös myrskypilven yläosissa syntyneet harvinaisen isot rakeet.

Kuinka hyvänsä asia olikaan, niin yksi tällainen kimpale osui keskelle Hipsun yhteisöä. Isku ei ollut kovin voimakas, eikä Hipsu olisi sitä ehkä edes noteerannut, ellei yhteisö olisi haljennut iskun ansiosta

keskeltä kahtia. Siinä se nyt oli, kahteen puolikkaaseen siististi haljenneena.

Halkeama kulki aivan Hipsun vierestä ja sikäli kuin Hipsu pystyi näkemään, se oli edennyt yksittäisten rakeiden läpi aina samalla atomitasolla pysyen. Rakeesta toiseen siirtyessään halkeama oli muuttanut suuntaansa, mutta uudessakin rakeessa se oli edennyt yhtä ainoata tasoa pitkin. Halkeamapinnat olivat hyvin sileitä ja tasomaisia. Yhteisön reunoilla halkeama näytti päättyvän Hipsun aikaisemmin havaitsemiin muodonmuutoksen synnyttämiin pikkuvikoihin.

Hipsua tämä hämmästytti hyvin suuresti. Aikaisemmin hyvin painetta kestänyt, muotoaan muuttanut ja kokeen päätteeksi lähes lähtötilanteeseen pallannut yhteisö oli nyt vähäisen kopautuksen ansiosta haljennut kahtia mitenkään muotoaan muuttamatta. Yhteisön sisällä ei näkynyt merkkiäkään uusista dislokaatioista tai jäljelle jääneiden liikehinnästä halkeaman syntyessä. Sikäli kuin Hipsu saattoi nähdä kauemmas, sen edellinen yhteisö oli pysynyt koossa, vaikka sitä olivat pommittaneet useammat ja kooltaan suuremmat kimpaleet sen sijaitessa lähempänä energiakukkulan juurta.

Kylmyyden vuoksi Hipsu ei päässyt liikkeelle tutkimaan tarkemmin tilannetta uudessa yhteisössään saati sitten käymään edellisessä yhteisössään sen selviämistä tutkimassa. Se saattoi vain jäädä odottamaan kevättä ja sen mukanaan tuomia liikkumismahdollisuuksia. Ankaraa ajatustyötä se toki pystyi tekemään ja seuraavassa jaksossa näemme, mihin Hipsun jatko-tutkimukset ja tätä hämmästyttävää ilmiötä koskeva ajatustyö päätyivät.▲

KYLMYYDEN VUOKSI HIPSU EI PÄÄSSYT LIIKKEELLE TUTKIMAAN TARKEMMIN TILANNETTA UUDESSA YHTEISÖSSÄÄN SAATI SITTEN KÄYMÄÄN EDELLISESSÄ YHTEISÖSSÄÄN SEN SELVIÄMISTÄ TUTKIMASSA. SE SAATTOI VAIN JÄÄDÄ ODOTTAMAAN KEVÄTTÄ JA SEN MUKANAAN TUOMIA LIIKKUMISMAHDOLLISUUKSIA.

Osa 15: Hipsu pohtii lämpötilaa ja muodonmuutosta

KEVÄT OLI koittamassa tasapainomaahan. Päivällä aurinko jo lämmitti hiukan, mutta yöt olivat edelleen hyytävän kylmiä. Yön pimeimpinä hetkinä lämpötila häipyi johonkin kauas, ja yhteisö hytisi talven kylmimpien pakkasjaksojen ja talvimyrskyjen kaltaisissa oloissa. Päivä päivältä aurinko kuitenkin piirsi taivaalle korkeampaa kaarta, ja lämpötila hiipi sen mukana yhä lähemmäksi ja lähemmäksi, kunnes se kesällä olisi taas aina läsnä ja kaikkien tarvitsevien käytössä.

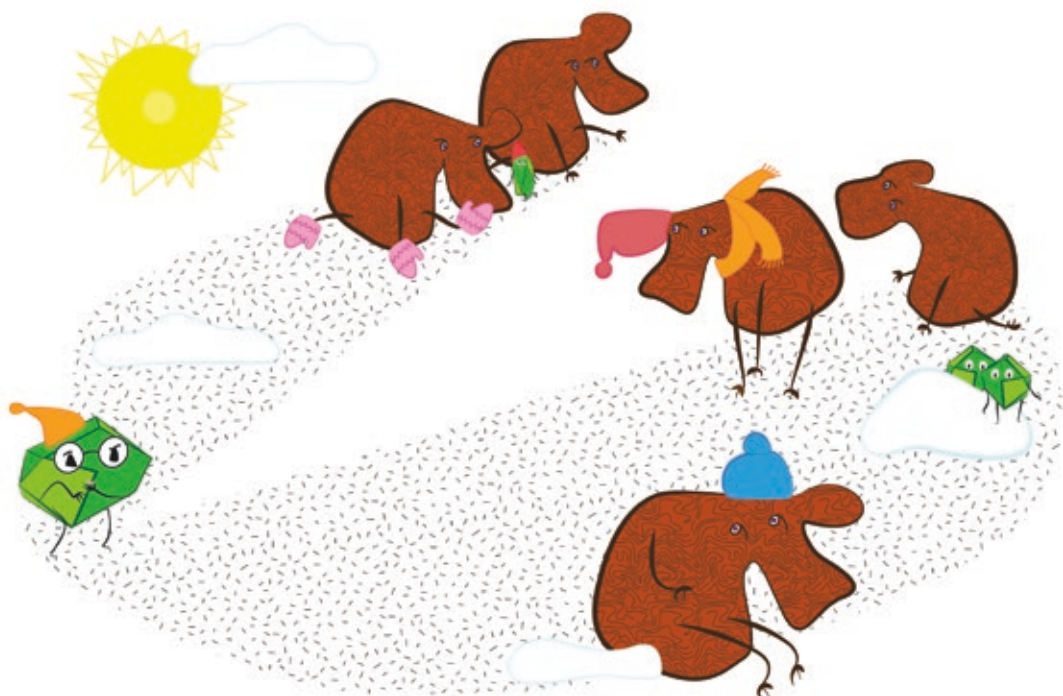
Pienen pieni hiiliatomi Hipsu lepäili edelleen talven kovimman pakkas- ja myrskyjakson aikana haljenneessa rauta-hiiliatomiyhteisössään ja ajatteli ankarasti. Se ihmetteli edelleen, miten yhteisön halkeaminen oli tapahtunut vaatimattomalta tuntuneen täräyksen ansiosta ilman minkäänlaista edeltävää varoitusta tai muodonmuutosta. Miksi muodonmuutosta ei tapahtunut ennen halkeamista? Missä olivat dislokaatiot?

Hipsu muisti kyllä, että lämpötilalla näytti olevan dislokaatioiden liikettä helpottava vaikutus. Siten olisi helppo ajatella, että hyvin matalissa lämpötiloissa dislokaatiot eivät vain pystyisi liikkumaan eikä halkeamista

edeltävää muodonmuutosta siten pääsisi tapahtumaan. Mutta miksi halkeaminen tapahtui niin pienestä tönnäisystä? Ja miksi Hipsun edellinen, tiiviisti pakkautunut nikkeli- mangaani- ja typpi-atomeilla höystetty rauta-hiiliatomien yhteisö oli säästynyt halkeamiselta, vaikka se oli kokenut paljon kovempia kolhuja?

Päivällä lämpötilan lähestyessä ja liikkumisen helpottuessa Hipsu livahti tutkimaan lähellä olevaa ehjänä säilynyttä edellistä yhteisöään. Se näki yhteisön pinnassa selviä kuoppia kohdissa, joihin talvimyrskyn aikana oli iskeytynyt tuulen heittelemiä kimpeleitä. Vilkaistessaan yhteisön sisälle Hipsu näki, että tosiaankin kuoppien lähiympäristössä oli enemmän dislokaatioita ja muodonmuutosta kuin iskulta säästyneissä yhteisön osissa.

Hipsu huomasi myös dislokaatioiden sijainnissa jotakin merkittävää. Se ei kuitenkaan ennättänyt pohdita havaintoaan sen enempää. Aurinko näet laski jo, ja tasapainomaahan hiipivä kylmyys pakotti sen palamaan takaisin kotinaan pitämäänsä haljenneeseen yhteisöön ennen lopullista liikkumiskykyensä menetystä.



"Seuraavana aurinkoisena päivänä, kun Hipsu taas pääsi liikkeelle, se kävi katsomassa talvimyrskyssä haljenneen yhteisönsä halkeamapintoja. "...halkeama kulki rakenteessa pitkin atomitasoja, joissa sidosten murtumisesta kertovia jälkiä oli hyvin harvassa."

Yöllä Hipsu ajatteli näkemäänsä ja etsi syytä sitä vaivanneeseen havaintoon. Lopulta se keksi, mikä oli mieltä kaivaneen merkillisyyden syy. Kaikki iskujen synnyttämät dislokaatiot sijaitsivat rakenteen tiiveimmin pakatuilla atomitasoilla, joissa jokaisella atomilla oli samassa tasossa kuusi sitä välittömästi koskettavaa naapurua. Harvemmin pakatuilla atomitasoilla ei dislokaatioita näkynyt. Nyt Hipsu myös muisti tehneensä saman havainnon jo aikaisemmin, kun se ei vielä ymmärtänyt dislokaatioiden ja muodonmuutoksen välistä yhteyttä.

Hipsu katsoi ympärilleen nykyiseen kotiyhteisönsä ja koetti löytää sieltä tällaisia tiiviisti pakattuja atomitasoja, joita dislokaatiot näyttivät suosivan. Kas kummaa: niitä ei yhteisöstä löytynyt yhtäkään, ei etsimälläkään. Oli vain joitakin suuntia, joissa atomit olivat peräkkäin jonossa toisiaan koskettaen. Rauta-atomien harvempi pinousjärjestys yhteisössä oli saanut aikaan tiiviisti pakattujen atomitasojen puuttumisen.

Ja kuitenkin edellisenä kesänä tekemissään kokeissa Hipsu oli saanut nykyisessäkään yhteisössään aikaan muodonmuutosta ja dislokaatioita. Tosin siihen oli tarvittu korkeampia paineita, ja dislokaatioita oli syntynyt vähemmän kuin tiivistä pakatussa rakenteessa. Yhtä kaikki muodonmuutosta oli tapahtunut ja rakenne pysynyt koossa muotoaan muuttaneenakin.

Lopulta Hipsu oivalsi, mistä oli kyse. Lämpötilalla täytyi olla voimakkaampi vaikutus dislokaatioiden liikkumiskykyyn harvemmin pinoutuneissa rakenteissa. Sellaisissa rakenteissa dislokaatiot kykenivät korkeammissakin lämpötiloissa liikkumaan vain vaikeasti. Kun lämpötilan avustava vaikutus väheni voimakkaasti lämpötilan laskun myötä, jossain lämpötilassa niiden liikkumiskyky ja samalla rakenteen kyky muodonmuutokseen katosivat kokonaan.

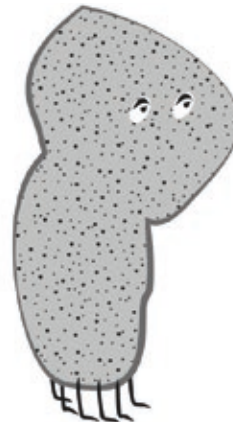
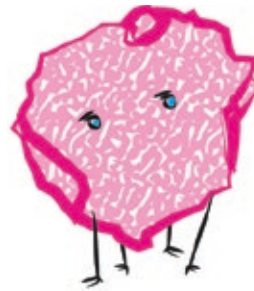
Edelleen Hipsu päätteli, että jos muodonmuutuskkyä ei ollut, ainoa tapa, jolla yhteisö voi vastata sen lujouden ylittävään kuormitukseen, oli murtuminen. Loogisesti se myös päätteli, että murtuminen todennäköisimmin tapahtuisi pitkin sellaisia rakenteen kohtia, joissa sitä koossa pitäviä sidoksia oli vähiten.

Seuraavana aurinkoisena päivänä, kun Hipsu taas pääsi liikkeelle, se kävi katsomassa talvimyrskyssä haljenneen yhteisönsä halkeamapintoja. Ja toden totta, halkeama kulki rakenteessa pitkin atomitasoja, joissa

sidosten murtumisesta kertovia jälkiä oli hyvin harvassa. Oikeaan osuneesta päättelystään tyytyväisenä ja ankarasta ajatustyöstä uupuneenakin Hipsu asettui taas lepäämään haljenneeseen yhteisöönsä.

Tietämättään Hipsu oli tehnyt tuttavuutta joitakin metalleja matalissa lämpötiloissa vaavaavan haurasmurtuman käsitteen kanssa. Näille metalleille on tyypillistä, että tietyn lämpötilan alapuolella niiden muodonmuutoskyky ja sitkeys katoavat ja ne murtuvat lasin lailla hauraasti ilman edeltävää muodonmuutosta. Rauta-hiiliatomien yhteisöt eli nykypäivänä terästen nimellä tunnetut metallit ovat tyyli puhdas esimerkki tällaisista metalleista.

Aikaa myöten Hipsua rupesi taas vaavaamaan uusi ajatus. Sitä kiinnosti tietää, missä lämpötilassa muodonmuutuskvyn katoaminen sen nykyisessä yhteisössä tapahtuisi? Miten Hipsu saisi sen selvitettyksi? Siihen, miten Hipsu lopulta lähti tuota olennaista kysymystä selvittämään ja mihin se päätyi, perehdyimme seuraavassa tarinassa. ▲



Osa 16: Hipsun vaikea tehtävä

HIPSU OLI tähänastisen historiansa vaikeimman tehtävän edessä. Hipsu oli nähnyt, että talven hyytävässä kylmyydessä sen kotinaan pitämä rauta-hiiliatomien yhteisö ei kyennyt minkäänlaiseen muodonmuutokseen, vaan halkesi pienestäkin kopautuksesta siististi kahteen osaan sileitä, tasomaisia murtopintoja pitkin. Toisaalta kesän lämmössä sama yhteisö näytti kestävän suurempiakin iskuja pysyen ehjänä ja korkeintaan muuttaen paikallisesti muotoaan iskun voimakkuuden mukaan.

Hipsu oli pystynyt päättämään, että lämpötila oli suurin tekijä tuon muutoksen taustalla. Se oli havainnut, että harvemmin pinoutuneessa rauta-hiiliatomien yhteisössä muodonmuutoksen synnyttämien ja sitä ylläpitävien dislokaatioiksi itseään kutsuvien olioiden liike vaikeutui merkittävästi lämpötilan laskiessa. Nyt Hipsua kiinnosti tietää, missä lämpötilassa tuo liike loppui kokonaan ja rauta-hiiliatomien yhteisö muuttui haperaksi. Se mietti päänsä puhki, miten se saisi tuon lämpötilan selvitettyksi.

Ankaran pohdinnan jälkeen Hipsu päätteli, että se tarvitsi useita eri lämpötiloissa tehtyjä kokeita asian selvittämiseksi. Lämpötilan ääripäät olivat jo selvillä, mutta niiden väliin piti saada lisää kokeita ääripäiden välisissä lämpötiloissa. Hipsu oivalsi myös, että olennaista oli nimenomaan yhteisön, ei ympäristön lämpötila ja siksi yhteisön piti olla riittävän pitkään kussakin lämpötilassa ennen kokeen käynnistämistä. Tästä Hipsu tuli johtopäätökseen, että kokeet oli parasta suorittaa kevättälvellä, kun lämpötila vähitellen palasi talvikauden reissultaan ja kohosi kohti kesän korkeimpia lukemia.

Vielä ankaramman ajatustyön jälkeen Hipsulle selvisi, että jos se halusi saada selville pelkästään lämpötilan vaikutuksen yhteisön muodonmuutokseen, piti kaikki muu kokeessa saada pysymään vakiona. Yhteisön koon eli rauta- ja hiiliatomien lukumäärän ja järjestäytymisen piti olla sama kokeesta toiseen. Saattaisi olla edullista, että jokaisessa yhteisössä olisi myös samanlainen järjestäytymisen vika, koska Hipsu oli huomannut matalan lämpötilan murtumisen alkavan juuri tuollaisesta viasta.

Samoin yhteisöön kohdistuvan iskun voimakkuuden piti pysyä joka kokeessa samana ja kohdistua yhteisöön samalla tavalla vikaan nähden. Siinäpä Hipsulle riitti pohtimista!

Koska Hipsu tiesi, että yhteisöjen muodostaminen oli mahdollista vain kesän ja syksyn aikana lämpötilan ollessa riittävän korkea, piti kokeisiin osallistuvia samanlaisia yhteisöjä olla yhtä monta kuin oli tutkittavia lämpötiloja. Ne piti myös muodostaa jo kokeita edeltävänä syksynä, kun atomien liikkumiskyky vielä riitti tehtävän toteuttamiseen. Sitten yhteisöjen piti odottaa koevuoroaan yli talven seuraavaan kevääseen aina siihen saakka, kunnes lämpötila oli kohonnut yhteisölle valittuun koepisteeseen.



Hipsu löysi etsimänsä kivet kohdasta, jossa energiakukuloilta virtaava joki kohosi koskenä alas tasangolle rauhoittuakseen siellä leveiksi virraksi.

Iskun vakioiminen tuotti Hipsulle eniten päänvai-
vaa. Lopulta se muisti, että yhteisön edellisenä talvena
halkaissut isku oli todennäköisesti syntynyt tasapaino-
maan laitamalla olevan energiakukkulan rinteeltä alas
talvimyrskyn puhaltamana vierineen jääkimpaleen osu-
essa yhteisöön. Se päätteli, että jos jotenkin saisi aina
samankokoisen kimpaleen, oli se sitten jäätä tai kiveä,
putoamaan samalta korkeudelta yhteisön päälle, olisi
isku kutakuinkin vakio.

Niinpä Hipsu lähti etsimään sopivaa rinnettä
tasapainomaata ympäröivien energiakukkuloiden lai-
doilta. Ennen pitkää se löysikin jyrkän, käytännössä
pystysuoran kalliorinteen, jonka alustan se muisti py-
syvän talvellakin lumesta ja jäästä puhtaana tasapai-
nomaata kiertävien tuulien ansiosta. Rinne kääntyi
yläreunaltaan tasangoksi niin, että pudotus jyrkänteen
reunalta oli yhtä korkea melko pitkällä matkalla. Myös
rinteen alusta oli riittävän leveästi tasainen niin, että
rinteen alle sopisi rinnakkain tarvittava määrä yhtei-
söjä koesarjaa varten.

Seuraavaksi Hipsu käytti hyväksi erikoistaitoaan,
jota se oli viimeksi hyödyntänyt pitkällä matkoillaan
kohti tasapainomaata. Se kasvatti kokoaan niin, että
se kykeni kulkemaan laajemmalla alueella tasapaino-
maassa ja sen ympärillä ja etsimään kiviä, jotka olisivat
kooltaan ja muodoltaan samanlaisia. Tarvittavan kiven
koon arviointi tuotti taas päänvaivaa; iskun pitäisi olla
riittävä halkaisemaan yhteisö matalissa lämpötiloissa,
mutta taas korkeammassa lämpötiloissa isku ei saisi
rusentaa koko yhteisöä alleen.

Hipsu löysi etsimänsä kivet kohdasta, jossa energia-
kukkuloilta virtaava joki kohisi koskena alas tasangolle
rauhoituakseen siellä leveäksi virraksi. Vesi oli aikojen
saatossa pyöritellyt ja hionut uomassaan olevia kiviä
niin, että rannalta löytyi helposti riittävä määrä pyöreitä
samankokoisia pultereita. Aikansa kiven kokoa pohdit-
tuaan Hipsu päätti luottaa intuitioonsa ja valitsi mie-
lestään sopivimman kokoiset yhtä suuret kivet kosken
rannoilta. Se kantoi kivet yksitellen jyrkänteen päälle ja
asetteli ne valitsemilleen paikoille siistiin riviin lähel-
le jyrkänteen reunaan kuitenkin niin, etteivät ne lähtisi
vahingossa tai tuulen puhaltamina putoamaan alas.

Sitten olikin jo aika palata tasapainomaahan ja pie-
nentää koko takaisin muiden atomien kanssa tapahtu-
van yhteydenpidon edellyttämälle tasolle. Seuraavana

tehtävänä oli näet koota koesarjan tarvitsemat yhteisöt
ja saada ne järjestäytymään Hipsun haluamalla taval-
la jyrkänteen alle. Tässä tehtävässä Hipsu joutui käyt-
tämään koko neuvottelutaitonsa saadakseen riittävän
määrän atomeja suostumaan tuumiinsa ja muodosta-
maan tarvittavan määrän täsmälleen samanlaisia yh-
teisöjä haluamilleen paikoille jyrkänteen alle.

Monet, varsinkin rauta-atomit sanoivat, etteivät ne
olleet ikinä kuulleet mitään niin hullua ja lähtivät sam-
man tien tiehensä. Lopulta Hipsu keksi selittää asiasta
enemmän kiinnostuneille, että tavoitteena oli löytää se
lämpötila, jonka yläpuolella yhteisöt olisivat koossa py-
symisen kannalta turvassa ja jonka alapuolella yhteisö-
jen tulisi varoa kaikenlaisia kolhuja ehjänä säilyäkseen.
Tämä naula veti, ja lopulta Hipsu sai aikaan sopimukset
riittävän yhteisöjen määrän muodostamiseksi Hipsun
koekentälle jyrkänteen alle ennen talvikylmien tuloa.

Hipsu sopi vielä lämpötilan kanssa sen, missä läm-
pötilassa kukin koe suoritettaisiin ja miten Hipsu sai-
si tiedon siitä, milloin oli kunkin kokeen aika. Sovi-
tut lämpötilat ja tiedonantotavat merkittiin muistiin,
ja lämpötila lähti valmistautumaan pitkälle talviajan
matkalleen kohti lämpimiä maita.

Syksy tuli, ja kaikki alkoi olla Hipsun koesarjan
kannalta kunnossa. Viimeisetkin yhteisöt muodostui-
vat paikoilleen juuri ennen yöpakkasten tuloa. Joitakin
epäluuloisimpia Hipsu joutui vielä rauhoittelemaan
kertomalla, että koe olisi täysin turvallinen. Eiväthän
atomit kolhuja sinänsä pelänneet, mutta muutamat oli-
vat huolissaan yhteisön tilasta ja kyvystä muodostua
uudelleen kokeen jälkeen.

Viimeisenä toimenaan Hipsu suurensi kokonsa ja
nousi jyrkänteen laelle odottamaan talven tuloa. Tun-
teakseen olonsa kotoisemmaksi ja torjuakseen yksi-
näisyyttä se oli koonnut ympärilleen pienen tuttavien
yhteisön, jonka se kantoi mukanaan valitsemaansa
talvehtimispaikkaan. Hipsu pienensi taas kokonsa ja
asettui mukavasti talvehtimaan yhteisönsä mukana. Sitä
myöten kaikki oli valmista, ja tasapainomaa rauhoittui
talven alle odottamaan kevään tuloa ja Hipsun uutta
ja jännittävää koesarjaa. Miten noissa kokeissa sitten
kävi, siitä kerrotaan seuraavassa tarinassa. ▲

Osa 17: Hipsun suuri koesarja

TASAPAINOMAAN TALVI alkoi olla ohitse. Paikat olivat vielä umpijäässä, mutta päivä alkoi jo pidentyä ja lämpötilakin alkoi vähän kerrassaan hiipiä lähemmäksi päiväkierrrossaan verkalleen korkeammalle kiipeävän auringon myötä. Hipsun edellisenä syksynä kokoamat rauta-hiiliatomien yhteisöt (katso edellinen tarina) lepäsivät edelleen täysin liikkumattomina tasapainomaan reunalla kohoavan energiajyrkänteen alla, ja Hipsu itse oli unessa ystävyyhteisössään jyrkänteen päällä. Koesarjaa varten kootut kivet olivat edelleen rivissä jyrkänteen reunalla paikoissa, joihin Hipsu oli ne sarjaa valmistellessaan kantanut.

Hipsu säpsähti hereille ja raotti toista silmäänsä. Se pelkäsi nukkuneensa pommiin ja koko koesarjan menneen sitä myöten pilalle. Helpotukseksi se näki, että ympärillä vallitsi vielä täysi talvi ja lämpötila oli edelleen kauden alhaisimmissa lukemissaan. Hipsu ei kuitenkaan uskaltanut enää jäädä lepäilemään, vaan avasi toisenkin silmänsä ja alkoi suunnitella tulevia toimiaan.

Se muisti päättäneensä syksyllä tehdä yhden kokeen täysissä talviolosuhteissa ja varanneensa toisen ylimääräisen kokeen mahdollista yksittäistä epäonnistumista varten. Hipsu halusi näet kaikkien sarjan kokeiden tulevan tehdyiksi lämpötilaa lukuun otta-

matta täysin samanlaisissa olosuhteissa. Se tilanne, jossa Hipsu oli ensi kertaa havainnut rauta-hiiliatomien yhteisön haurastumisen matalissa lämpötiloissa, ei näet Hipsun mielestä vastannut olosuhteiltaan riittävästi nykyistä tarkkaan suunniteltua koesarjaa.

Hipsu päätti pian, että oli oikea aika tehdä sarjan ensimmäinen, matalimman lämpötilan koe ennen kuin lämpötila alkaisi liiaksi nousta talven lukemista. Se suurensi kokonsa ja totesi helpotukseksi voivansa liikkua riittävästi hyytävästä kylmyydestä huolimatta. Se käveli jyrkänteen reunalla olevan kivirivin kauimmaiseen päähän ja kurkisti alas reunalta. Todettuaan, että sarjan ensimmäinen koe yhteisö oli edelleen paikoillaan, Hipsu vieritti ensimmäisen kiven reunalle ja päästi sen putoamaan alas.

Seuratessaan kiven putoamista Hipsu säikähti, kun kivi näytti aluksi putoavan liian lähelle jyrkänteen seinämää ja osuvan kokonaan sivuun tähtäimessä olevasta yhteisöstä. Sitten kivi kuitenkin hipaisi hiukan jyrkänteen seinää, kimposi kauemmaksi ja osui lopulta maaliyhteisön reunaan juuri sille paikalle, johon yhteisöön oli jätetty pieni järjestäytymisvika. Kuului terävä paukahdus, ja yhteisö halkesi siististi kahteen erilliseen osaan aivan niin kuin Hipsu oli olettanut tai ainakin toivonut käyvän.



"Silloin Hipsu näki, että lämpötilan lähettämä pikkulintu, taisi olla pulmunen, lensi pohjoisen suuntaan ja laskeutui Hipsun yhteisön lähelle. Se visersi Hipsun korvaan lämpötilan lähettämän viestin..."

Hipsu painoi vielä mieleensä sen, että lämpötilalta pitäisi kysyä tämän kokeen ajankohdan tarkka lämpötilalukema ja tallettaa se muistiin. Tyytyväisenä sarjan ensimmäisen kokeen onnistumisesta Hipsu käveli takaisin ystävyyhteisönsä luo, pienensi kokonsa ja asettui vielä levolle odottamaan lämpötilan kanssa sovittua viestiä seuraavan kokeen ajankohdasta.

Vierähti muutama päivä, taisi mennä kokonainen viikko, ellei kaksikin. Hipsu havahtui jälleen hereille ja näki, että muutamat muutkin yhteisön atomit alkoivat liikkahdella unissaan. Varsinkin pienet hiiliatomit vaikuttivat jo hiukan levottomilta ja käännähtelivät sijoillaan.

Silloin Hipsu näki, että lämpötilan lähettämä pikukulintu, taisi olla pulmunen, lensi pohjoisen suuntaan ja laskeutui Hipsun yhteisön lähelle. Se visersi Hipsun korvaan lämpötilan lähettämän viestin, jonka mukaan ensimmäinen sovittu talvilämpötila korkeampi testauslämpötilan arvo olisi tällä kohdalla kahden auringon kierron päästä. Hipsu kiitti viestin tuojaa, joka hetken levähdettyään jatkoi matkaansa kohti pohjoista.

Kahden auringonkierron mentyä Hipsu suurensi taas kokonsa ja käveli jyrkänteen reunalla olevan kivirivin kauimmaiseen päähän. Kurkistettuaan tarkistuksen vuoksi alas reunalta ja todettuaan kaiken olevan kunnossa Hipsu vieritti seuraavan kiven reunalle ja sysäsi sen ensimmäistä kiveä voimakkaammin reunan yli. Nyt kivi putosi alas häiriöittä ja osui maaliyhteisönsä lähes paikalleen, vain pari atomiriiviä sivuun tarkoitettusta kohdasta.

Yhteisö halkesi edelleen paukahtaen, mutta katsoessaan tarkemmin Hipsu huomasi, että puolikkaat eivät olleetkaan täysin erillään toisistaan. Ne olivat kiinni toisissaan hyvin pieneltä matkalta kohdassa, joka oli kaikkein kauimpana kiven iskukohdasta. Hipsu pani tämän merkille ja päätti käydä tarkastelemassa tuota kohtaa lähemmin, kun aikanaan tuli aika kavuta alas jyrkänteeeltä ja mennä tervehtimään, tutkimaan ja kiittämään koe-yhteisöjää. Se palasi jälleen ystävyyhteisönsä ja jäi odottamaan viestiä seuraavan kokeen ajankohdasta.

Seuraava viesti tulikin jo muutaman päivän päästä kiurun tuomana. Hipsu suurensi taas kokonsa, käveli kivirivin päähän ja rutiininomaisen tarkastuksen

jälkeen pudotti kiven, joka osui melkein yhtä hyvin kohdalleen kuin aikaisemmatkin kivet. Maaliyhteisöön syntyi nytkin halkeama, mutta yhteisön puolikkaat olivat edelleen kiinni toisissaan, nyt lähestulkoon neljänneksen matkalla yhteisön halkaisijasta.

Seuraavat viestit tulivat sitten taas hiukan nopeammin, ja Hipsu suoritti kokeet jo rutinoitusti. Peipposen tuoman viestin jälkeisessä kokeessa yhteisöön syntyi nyt halkeama eteni vain vajaaseen puoleen sen halkaisijasta. Vastäräkin välittämän viestin jälkeen, kun yhteisöjen atomit olivat jo täysin hereillä ja valmiita liikekannalle, yhteisöön syntyi vain hyvin vähäinen halkeama iskukohtaan ja muuten yhteisö jäi ehjäksi, joskin muotoaan hiukan muuttaneeksi.

Lopulta tuli sitten pääskynen ja kertoi lämpötilan saavuttavan kesän lukemat tuota pikaa. Hipsun kokeessa yhteisöön ei enää syntynyt halkeamia, mutta iskukohta painui selvästi kuopalle. Hipsu päätti vielä toteuttaa viimeisen ylimääräisen kokeensa kevään kuumimpana päivänä, jolloin lämpötila oli korkeimmissa lukemissa miesmuistiin. Innoissaan koesarjansa onnistumisesta Hipsu tuli tönäisseksi viimeistä kiveä vähän liian lujaa ja se putosi maaliyhteisön reunan sijasta sen keskelle. Aikaisempien kilahdusten sijasta iskun ääni muistutti nyt enemmän kopsahdusta ja yhteisö painui keskeltä kuopalle kuppimaiseen muotoon.

Koesarjan tultua suoritetuksi Hipsu huuteli jyrkänteen laelta kiitokset siihen osallistuneille yhteisöille ja pyysi niitä pysymään vielä aloillaan niin kauan, että hän ehtisi käydä tutkimassa yhteisöissä syntyneet rakenteelliset muutokset. Jyrkänteen laella olleen ystävyyhteisönsä kanssa Hipsu piti pienet kekkerit onnistuneen koesarjan kunniaksi ja lähti sitten tutkimuksiaan suorittamaan. Mitä Hipsu näissä tutkimuksissa havaitsi ja millaisia johtopäätöksiä se koesarjasta teki, siitä kerrotaan seuraavassa tarinassa. ▲

**JYRKÄNTEEN LAELLA OLLEEN
YSTÄVÄYHTEISÖNSÄ KANSSA HIP
S U
PITI PIENET KEKKERIT ONNISTUNEEN
KOESARJAN KUNNIAKSI JA LÄHTI SITTEN
TUTKIMUKSIAAN SUORITTAMAAN.**

Osa 18. Hipsu löytää transitiolämpötilan

TASAPAINOMAASSA KEVÄT oli juuri kääntynyt kesäksi, ja kaikki oleilivat pitkän talven jälkeen raukean tyytyväisinä kesän lämmössä. Ei oikein tehnyt mieli lähteä minnekään, mukavampi oli olla vain. Kaikki oli sananmukaisesti tasapainossa.

Hipsu oli kuitenkin edelleen työn touhussa. Se oli suurentanut kokonsa ja laskeutunut alas jyrkänteeltä. Sieltä se oli kohdistanut lukuisiin penkan alle kokoon-tuneisiin samanlaisiin rauta-hiiliatomien yhteisöihin täsmällisesti samanlaiset iskut eri lämpötiloissa kevään mittaan. Nyt se oli tutkimassa koesarjansa tuloksia.

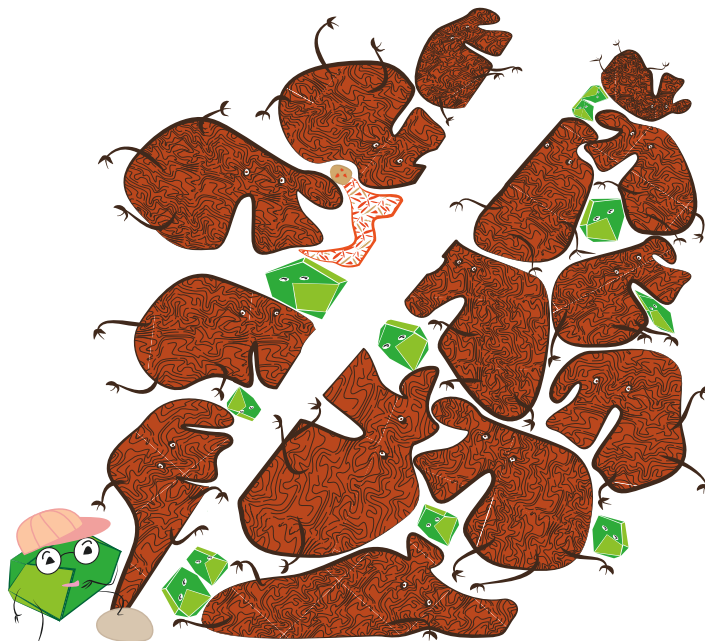
Se oli pyytänyt yhteisöjä pysymään paikoillaan kevään lämmöstä huolimatta, kunnes se olisi ehtinyt tutkia ne tarkemmin. Hipsu käveli ensin suuremmassa koossaan yhteisöriivin päästä päähän ja pysähtyi jokaisen kohdalla tutkimaan iskun aiheuttamia vaurioita. Erityisen huomion se kiinnitti iskun ansiosta syntyneisiin halkeamiin ja niiden pintoihin.

Yhteisöriivin matalimman lämpötilan puoleisessa päässä sijaitseva yhteisö oli haljennut kahteen osaan. Halkeama oli lähtenyt yhteisön reunassa olleesta viasta ja edennyt viivasuorasti koko yhteisön halki. Päältä katsoen halkeamapinnat olivat tasomaiset ja täysin sileät. Seuraavassa, iskun aikaan vähän korkeammassa

lämpötilassa ollut yhteisö oli sekin haljennut kahteen osaan. Puolikkaat olivat kuitenkin kiinni toisissaan vähäisellä kannaksella halkeaman loppupäässä. Muuten halkeaman liikkeellelähtö ja eteneminen sekä halkeamapinnat vastasivat täysin edellistä, matalimman lämpötilan kokonaan haljennutta yhteisöä.

Hipsun edetessä pitkin yhteisöriiviä kohti korkeimman iskulämpötilan puoleista päätä halkeaman pituus lyheni ja yhteisön osia kiinni pitävä kannas puolestaan laajeni vastaavasti. Halkeaman lähtökohta oli kuitenkin aina yhteisön keinotekoisessa reunaviassa. Myös halkeaman luonne muuttui lämpötilan noustessa; se ei enää edennyt viivasuoraan, vaan alkoi mutkitella yhteisössä sitä enemmän, mitä korkeammassa lämpötilassa se oli muodostunut. Halkeamapinnat muuttuivat iskulämpötilan noustessa vähitellen yhä rosoisemmiksi, vaikka niissä näkyikin selvästi tasomaisia alueita varsinkin matalammissa lämpötiloissa.

Toiseksi viimeisessä yhteisössä riivin korkeimman lämpötilan puoleisessa päässä halkeama oli jäänyt hyvin pieneksi. Sen pinnat olivat kokonaan rosoiset ja halkeaman kärki oli selvästi pyöristynyt. Siihen saakka halkeaman kärki oli ollut suhteellisen terävä, vaikka halkeama olikin pysähtynyt yhteisön keskelle. Myös koko yhteisö



"Yhteisöriivin matalimman lämpötilan puoleisessa päässä sijaitseva yhteisö oli haljennut kahteen osaan. Halkeama oli lähtenyt yhteisön reunassa olleesta viasta ja edennyt viivasuorasti koko yhteisön halki. Päältä katsoen halkeamapinnat olivat tasomaiset ja täysin sileät."

sö oli iskun voimasta käyrästynyt selvästi. Viimeisessä, korkeimman lämpötilan yhteisössä ei halkeamaa ollut lainkaan, reunavian kärki oli kauniin pyöreä ja koko yhteisö oli painunut kuppimaiseksi iskun voimasta.

Hipsu halusi vielä tutkia tarkemmin myös yhteisöjen rakennetta sisältäpäin. Se pienensi kokonsa ja pujahti ensimmäisenä korkeimman iskulämpötilan yhteisöön. Ja mitä se näkikään? Kaikkialla yhteisössä oli dislokaatioita sekavina vyyhteinä ja kaikkein eniten niitä oli iskun ansiosta pyöristyneen alkuvian kärjessä. Tässäkin kohdassa atomit pitivät kiinni toisistaan, vaikka niiden sidoskäsivarret olivatkin venyneet pitkiksi niihin kohdistuneen kuormituksen vuoksi. Yhteisön hiiliatomit näyttivät Hipsun pyynnöstä huolimatta kertyneen dislokaatioiden lähiympäristöön helpottaakseen atomien välisiin sidoksiin kohdistuvaa painetta.

Edetessään yhteisöstä toiseen kohti matalampia lämpötiloja Hipsu näki, että dislokaatioiden määrä yhteisön sisällä alkoi vähentyä. Ne näyttivät lämpötilan laskiessa yhä enemmän keskittyvän rakenteessa edenneen ja sen sisään pysähtyneen halkeaman kärjen alueelle. Toiseksi korkeimmassa lämpötilassa olleen yhteisön pienen halkeaman pinnat olivat täysin rosoiset. Niissä oli syviä kuoppia ja kuoppien välisiä kannaksia, jotka olivat venyneet äärimmäisen ohuiksi ennen lopullista katkeamistaan. Kuoppien pohjalla Hipsu näki usein joko raudan ja hiilen muodostamia sulkeumia (Hipsu tunnisti ne aiemmin näkemikseen karbideiksi) tai muiden, yhteisöön pujahtaneiden vieraiden atomien muodostamia kasautumia.

Matalampia lämpötiloja kohti edetessään Hipsu näki myös, että halkeaman koon kasvaessa rosoisten alueiden väliin alkoi muodostua tasomaisia alueita. Lämpötilan laskiessa niiden koko halkeamapinnoilla kasvoi ja niitä yhdistävät rosoisemmat alueet vastaavasti pienenivät. Dislokaatioita näkyi yhä harvemmassa ja ne vähätkin parveilivat halkeaman kärjen tai pienten rosoisten alueiden kohdalla halkeaman kyljillä. Lopulta rivin viimeisessä, kokonaan haljenneessa yhteisössä Hipsu näki vain joitakin dislokaatioita sattumanvaraisesti siellä täällä. Näytti siltä, että ne olivat syntyneet jo yhteisön muodostuessa.

Hipsu näki, että tasomaisilla alueilla halkeama oli edennyt pitkin rakenteen tiettyä atomitasoa. Se oli saattanut siirtyä hetkeksi viereisille samansuuntaisil-

le tasoille, mutta etenemistason suunta oli aina sama. Matalimmassa lämpötilassa halkeama oli edennyt koko rakenteen läpi yhtä ainoaa atomitasoa pitkin.

Hipsu istahti hetkeksi miettimään näkemäänsä. Se päätteli, että yhteisöllä oli mahdollisuus selvittää kolhuista jollain tavalla toimivana kokonaisuutena, jos iskun aiheuttama halkeama ei edennyt enempää kuin puolet yhteisön koosta (Hipsu ei vielä tuntenut halkaisijan käsitettä). Käytyään tarkistamassa tilanteen Hipsu totesi vielä, että tässä lämpötilassa enemmän kuin puolet halkeamapinnoista oli rosoisen tyyppin aluetta. Tätä tilannetta vastaavaa lämpötilaa Hipsu kutsui mielessään kestävyyslämpötilaksi.

Lopulta Hipsu nousi ylös ja kutsui kaikki kokeisiin osallistuneiden yhteisöjen atomit ympärilleen. Se selitti kokeisiin osallistuneille, että jos lämpötila oli löydetyn kestävyyslämpötilan yläpuolella, olivat rauta-hiiliatomien yhteisöt turvassa iskuja vastaan. Niihin saattoi muodostua pieniä vikoja iskun voimakkuudesta riippuen, mutta yhteisö säilyi silti yhtenä kokonaisuutena. Jos lämpötila oli kestävyyslämpötilan alapuolella, tuli yhteisöjen varoa iskuja sitä enemmän, mitä alhaisempi lämpötila oli. Muuten yhteisö saattoi haljeta iskusta kahteen tai useampaan osaan, jotka voivat joutua erilleen toisistaan ja päätyä lopulta ties minne.

Tämän tärkeän tiedon välitettään Hipsu kiitteli vuolaasti kokeisiin osallistuneita atomeja hyvästä yhteistyöstä sekä kärsivällisyydestä ja päästi ne nauttimaan tasapainomaan kesän lämmöstä. Hipsu itsekin viivähti hyvän tovin paikoillaan jyrkänteen juurella auringon lämmössä. Se hyrisi tyytyväisyyttään vaivalloisen, mutta hyvin onnistuneen koesarjansa tultua päätökseensä. Lopulta se vaipui tyyneen ja rauhalliseen uneen.

Tietämättään Hipsu oli tullut löytäneeksi nykyäänkin tunnetun ja yhä tärkeämmäksi muuttuvan transitiolämpötilan käsitteen. Transitiolämpötilan yläpuolella rauta-hiiliatomien yhteisöjen eli nykypäivänä teräksiksi kutsuttujen atomiyhteisöjen katsotaan käyttäytyvän hauraasti ja sen yläpuolella sitkeästi. Sitkeys on metalliatomien yhteisöille tyyppillinen ominaisuus, jonka hallinta lisää suuresti niistä tehtyjen rakenteiden turvallisuutta. Hipsu nukkui tyytyväisenä kaikesta tältä tietämättä, kunnes tuli aika herätä ja suunnata kohti uusia seikkailuja.▲

Osa 19. Hipsu jättää tasapainomaan

PIENEN PIENI hiiliatomi Hipsu havahtui tasapainomaan reunalla unestaan, johon se oli vaipunut toteuttamansa pitkän ja vaivalloisen koesarjan päätyttyä. Koesarjan tuloksena se oli löytänyt rauta-hiiliatomien yhteisölle ominaisen kestävyyslämpötilan, jonka alapuolella yhteisön tuli varoa kaikenlaisia kolhuja koossa pysyäkseen. Myöhemmin tuo Hipsun löytämä kestävyyslämpötila tuli kautta maailman tunnetuksi teräksille luonteenomaisena transitiolämpötilana.

Tasapainomaassa vallitsi edelleen kesä, ja olo oli leppoisaa. Hipsu katseli ympärilleen ja näki, että tasangolla olivat edelleen käynnissä kokeilut erilaisten atomien yhteisöjen muodostamiseksi. Kesän lempeässä lämmössä kaikki sujui verkkaisesti ja kiirehtimättä sekä sulassa sovussa. Se näki myös, että jotkut yhteisöt olivat jo saavuttaneet lopullisen tasapainotilanteensa ja asettuneet pysyvästi paikoilleen.

Hipsu mietti, josko sen kannattaisi vielä lähteä mukaan noihin kokeiluihin. Olisiko niistä vielä löydettävissä jotain parempaa sen lisäksi, mitä Hipsu oli

jo löytänyt rauta-hiiliatomien yhteisöstä ja sen mahdollittoman monipuolisista rakenteista, joita lämpötilaa ja sen muutosnopeuksia muuttamalla oli mahdollista saada aikaan?

Tarkkaillessaan tasapainomaan tilanteita Hipsu sai vahvistusta jo aikaisemmin tekemälleen havainnoille siitä, että juuri rauta-atomit suhtautuvat metalliatomeista kaikkein vapaamielisimmin ympäristössä liikkuviin hiiliatomeihin. Muiden metalliatomien suhtautuminen hiiliatomeihin oli joko enemmän tai vähemmän torjuvaa tai sitten ne pyrkivät sitomaan hiilen itseensä hyvin pysyviksi rakenteiksi, joita Hipsu oli tottunut kutsumaankarbideiksi. Hipsua ei kumpikaan vaihtoehto miellyttänyt.

Hipsu jäi miettimään tarkemmin kokemuksiaan ja havaintojaan rauta-hiiliatomien yhteisöstä. Jotakin se aavisti, että tuossa yhteisössä oli mielettömästi potentiaalia paljon monimutkaisempien rakenteiden ja ominaisuusyhdistelmien aikaansaamiseksi kuin mitä Hipsun kokeissa oli löydetty. Niiden löytämiseen



tarvittaisiin kuitenkin paljon tarkempaa lämpötilan, sen muutosnopeuksien, hiiliatomien määrän sekä ajan hallintaa kuin mihin tähän mennessä oli kyetty.

Hipsu pohti pitkään kestävyyslämpötilan löytämiseen johtanutta koesarjaa ja sen suunnittelussa tarvittua ankaraa ajatustyötä. Se ajatteli myös sarjan toteuttamisen vaatimia toimia ja pitkäjänteisiä neuvotteluja ja lopulta hyvää onneakin. Ajatusten pyöriessä päässä Hipsusta alkoi yhä enemmän tuntua siltä, että sillä ei ollut tarvittavia voimavaroja eikä oikein haluaakaan ryhtyä vaadittaviin ponnistuksiin.

Ja loppujen lopuksi, oliko se nyt yhden pienen hiiliatomien asia ratkaista kaikki rauta-hiiliatomien yhteisön käyttäytymiseen, rakenteisiin ja ominaisuuksiin liittyvät kysymykset? Hipsu päätteli, että siihen tarvittaisiin paljon suurempia yhteisöjä ja niiden yhteisiä ponnistuksia sekä määrättömästi aikaa. Oli varmaan parempi jättää tämä kenttä tulevaisuuden ja siellä muodostuvien yhteisöjen selvittämiseksi. Hipsulle ominainen seikkailijamieli alkoi taas nostaa päätään.

Tähänastista matkaansa miettiessään Hipsu ymmärsi, että se oli kyllä pyrkinyt etsimään sellaisia atomiyhteisöjä, jotka se voisi tuntea kodikseen ja sitoutua niihin pitemmäksi aikaa. Se oli aloittanut etsintänsä ensin omien lajitoveriensä muodostamista yhteisöistä, mutta ei ollut oikein tyytyväinen niiden tarjoamiin mahdollisuuksiin. Sitten se oli tehnyt pitkän ja vaivalloisen matkan tasapainomaahan selvittääkseen mahdollisuutensa muiden atomien muodostamisessa yhteisöissä.

Täältä löytynyt rauta-hiiliatomien yhteisö oli toislaiseksi lähimpänä sitä, mitä Hipsu etsinnällään tavoittelei. Se suhtautui kaikista vapaamielisimmän hiiliatomeihin, antoi niille erilaisia vapauksia ja tarvittaessa mahdollisuuksia hyvinkin merkittävään rooliin ja huimaan dynamiikkaan rakenteiden muodostumisessa. Muutenkin rauta-hiiliatomien yhteisön ominaisuudet tuntuivat yliverkaisilta muihin metalliatomien yhteisöihin verrattuna lukuun ottamatta tuota Hipsun löytämää mataliin lämpötiloihin liittyvää riskiä.

Jotenkin Hipsu kuitenkin tunsu, ettei tämä enää riittänyt sille. Tasapainomaalle tyypillinen verkkaisuus ja tyytyväisyys vallitseviin olosuhteisiin oli myös alkanut yhä enemmän vaivata Hipsua. Se halusi enemmän vaihtelua ympäristöönsä ja alkoi tosissaan poh-

tia sitä, mitä mahdollisuuksia sillä olisi jonkin uuden löytämiseen.

Miettiessään tähän astista matkaansa sekä näkemäänsä ja kokemaansa Hipsu muisti, että amorfisen hiilen tavatessaan se oli tutustunut alustavasti myös vetyatomeihin, jotka näyttivät jotenkin viihtyvän hiiliatomien seurassa. Se alkoi miettiä, olisiko tästä yhteydestä mahdollista löytää sille uudentyyppisiä yhteisöjä ja niihin sisältyviä mahdollisuuksia. (Tuossa vaiheessa Hipsu ei voinut mitenkään tietää, että vetyatomeilla olisi tulevaisuudessa hyvinkin merkittävä rooli myös rauta-hiiliatomien yhteisöissä ja ennen kaikkea Hipsun jo paljastamassa matalien lämpötilojen riskikäyttäytymisessä).

Tasapainomaassa ei vetyatomeja juurikaan näkynyt; siihen ne olivat liian levottomia. Typpiatomien tapaan kaksi vetyatomia liittyi toisensa tavatessaan heti yhteen ja ne karkasivat yhdessä taivaalle kohti uusia seikkailuja. Niinpä Hipsu päätteli, että selvittääkseen tarkemmin hiili- ja vetyatomien keskinäisiä mieltymyksiä ja niiden seurauksia sen oli lähdettävä tasapainomaasta.

Tuumasta toimeen. Sen enempiä pohtimatta Hipsu nousi, käveli tasapainomaan tasangolle, ja hyvästeli sinne muodostuneet rauta-hiiliatomien yhteisöt. Se jopa halasi lähtäisiksi muutamia sille läheisiksi muodostuneita rauta- ja hiiliatomeja. Sopipa joukkoon yksi mangaaniatomikin, vaikka ne muuten olivatkin vähän omituisia. Sitten Hipsu suurensi kokonsa ja suuntasi taakseen vilkuilematta askeleensa kohti tasapainomaan reunojen energiakukkuloita. ▲

**TÄHÄNASTISTA MATKAANSA
MIETTIESSÄÄN HIPSU YMMÄRSI, ETTÄ SE
OLI KYLLÄ PYRKINYT ETSIMÄÄN SELLAISIA
ATOMIYHTEISÖJÄ, JOTKA SE VOISI
TUNTEA KODIKSEEN JA SITOUTUA NIIHIN
PITEMMÄKSI AIKAA.**

Osa 20. Hipsu matkaa uuteen maailmaan

HIPSU OLI jättänyt tasapainomaan tarkoituksenaan etsiä mahdollisia hiili- ja vetyatomien muodostamia yhteisöjä. Tavattuun varhaisemmilla matkoillaan amorfisen hiilen yhteydessä vetyatomeja se oli nähnyt, että hiili- ja vetyatomit tunsivat jonkinlaista vetoa ja sympatiaa toisiaan kohtaan. Hipsu halusi nähdä, voisiko tuosta sympatiasta kehittyä sellaisia yhteisöjä, joissa se voisi tuntea olevansa kotonaan.

Hipsu taivalsi määrätietoisin askelin eteenpäin. Vaikka matka pois päin tasapainomaasta olikin keskimäärin ylämäkeä, se ei Hipsun tahtia haitannut. Se ylitti energiakukkuloita, vaelsi energialaaksoissa ja koetti parhaimman kokemuksensa mukaan noudattaa matalimman energiatilan reittejä edetessään.

Ongelmaksi muodostui lähinnä se, ettei Hipsu tiennyt, mistä matkan tavoitteina olevia mahdollisia hiili- ja vetyatomien yhteisöjä pitäisi etsiä. Vetyatomeja ei ympäristössä juurikaan näkynyt, levottomia kun olivat ja karkailivat kaksittain taivaalle heti toisensa tavatessaan.

Hipsun tapaamista hiiliatomeistakaan ei ollut juurikaan apua; ne pitivät koko ajatusta vetyatomien kanssa kaveeraamisesta vähän outona. Ylipäättään yksittäisiä hiiliatomeja liikkui Hipsun reitin varrella varsin vähän. Valtaosa niistä oli sitoutuneena Hipsun jo aiemmin kohtaamiin hiilen massiivisiin olomuotoihin tai sitten ne piilottelivat jossakin Hipsun silmiltä piilossa.

Eräänä päivänä Hipsu oli jäänyt levähtämään energiakukkulan rinteelle lähelle laakson pohjaa. Laakson pohja oli kovin kostea. Vesi ei päässyt virtaamaan pois laaksosta, vaan muodosti pohjalle suon, jossa siellä täällä kiilui pieniä vesilätäköitä. Levätessään tyynessä säässä Hipsu näki, että vesilammikoiden pinnalle kohosi silloin tällöin kuplia, jotka puhkesivat ja pinta rauhoittui odottamaan seuraavien kuplien nousua.

Luonnostaan uteliasta Hipsua nuo kuplat alkoivat kiinnostaa. Mitä niiden mukana vedestä nousi ja mihin se meni? Hipsu koetti terävöittää katsettaan, mutta ei nähnyt mitään, mikä olisi tullut kuplien mu-



"Uusi kumppani selitti Hipsulle, että elolliset oliot olivat kasveja ja eläimiä, jotka kykenivät kasvamaan ja muuttumaan yhä uusien atomien liittyessä niihin ja muodostaessa olioita koossa pitäviä ja niiden elintoimintoja ylläpitäviä ryhmittymiä."

kana vedestä. Hipsu päätti käyttää erikoiskykyään, hankkiutui aivan veden ääreen ja pienensi kokonsa niin, että saattoi tarkastella ympäristöään atomitasolla.

Ja kuinka ollakaan, seuraavan kuplan puhjetessa riittävän lähellä Hipsu näki, että vedestä nousi useita yksittäisiä hiiliatomeja, joihin kuhunkin oli kiinnittynyt kokonaista neljä vetyatomia. Jokainen hiiliatomin ja neljän vetyatomin kokonaisuus oli itsenäinen ja liikkui vapaasti muista samanlaisista kokonaisuuksista riippumatta.

Valitettavasti vain kävi niin, että neljän levottoman vetyatomin nostovoima riitti vetämään vastaan hangoittelevan hiiliatomin mukanaan taivaalle. Kuplan puhjetessa Hipsu ei ehtinyt edes tervehdystä hihkaista hiiliatomeille, kun viiden atomin ryhmät jo katosivat sen näkyvistä siniseen avaruuteen.

Hipsun pohtiessa kiivaasti, miten se pääsisi jututtamaan noissa atomiryhmissä olevia hiiliatomeja nousi tuuli, joka puhalsi suolta kohti Hipsua. Tuulen mukana ajautui useita kauempaa puhjenneista kuplista vapautuneita atomiryhmiä kohti Hipsua. Hipsu piti varansa ja kun yksi ryhmä lipui ohi tarpeeksi läheltä, Hipsu hypähti ja tarrasi sidoskäsivarrellaan hiili- ja vetyatomin väliseen sidokseen.

Ilokseen Hipsu huomasi, että ryhmään liittynyt ylimääräinen paino riitti juuri ja juuri pitämään koko ryhmän maan pinnalla. Hipsu nappasi kuitenkin toisella sidoskäsivarrellaan varmuuden vuoksi kiinni lähimmästä maan pinnan atomista ja ankkuroi siten ryhmän lujasti maahan. Siten se pääsi rauhassa jututtamaan kiinni sieppaamaansa ryhmään kuuluvaa hiiliatomia taivaalle haluavien vetyatomien pyrkimyksistä huolimatta.

Asiaan kuuluvien tervehdysten jälkeen Hipsu sanoi, ettei se ollut koskaan aikaisemmin tavannut tuollaista hiili- ja vetyatomien muodostamaa yhteisöä ja kysyi, mistä tuo yhteisö oli peräisin. Uusi hiiliatomituttavuus selitti, että yhteisö muodostui veden alle joutuneiden elollisten olioiden kuten kasvien ja eläinten jäännöksistä niiden hajaantuessa hapettomassa tai vähähappisessa tilassa. Yhtenä hajaantumistuotteena syntyi näitä ryhmittymiä, jotka sitten matkasivat taivaalle ja jäivät seilaamaan avaruuteen.

Aluksi Hipsu ei ymmärtänyt ollenkaan uuden kumppaninsa puhetta. Mitä ne sellaiset elolliset oliot

olivat, miksi hiiliatomit hakeutuivat niihin ja mikä rooli niillä siellä oli? Kärsivällisesti uusi kumppani selitti Hipsulle useampaankin kertaan, että elolliset oliot olivat kasveja ja eläimiä, jotka kykenivät kasvaamaan ja muuttumaan yhä uusien atomien liittyessä niihin ja muodostaessa olioita koossa pitäviä ja niiden elintoimintoja ylläpitäviä ryhmittymiä.

Uusi kumppani selitti myös, että hiiliatomeilla ja niiden muodostamilla ketjuilla tai renkailla oli keskeinen merkitys noille elollisille olioille. Hiiliketjuihin ja -renkasiin liittyneet vety-, typpi-, happi- ja monet muut atomit muodostivat olioita koossa pitäviä ja liikkuvia rakenteita. Ylipäätään nuo atomiryhmittymät mahdollistivat olioiden toiminnan elollisina yksiköinä.

Aina kuitenkin hiiliatomit ja niiden ketjut sekä renkaat olivat näiden ryhmittymien ja niiden muodostamien rakenteiden keskeisin perusyksikkö. Rakenteiden hajaantuessa olion elinkaaren päätyttyä niistä muodostui muun muassa näitä yksinkertaisia taivaalle karkaavia hiili- ja vetyatomien yhteisöjä, jollaisen Hipsu oli onnistunut nappaamaan kiinni nopealla toiminnallaan.

Vähitellen Hipsulle valkeni, että sen eteen oli avautunut kokonaan uusi, elollisten olioiden maailma. Tähän asti se oli vaeltanut elottomien metallien, mineraalien ja muiden materiaalien parissa. Nyt se katsoi uusin silmin ympärilleen. Hipsu oivalsi pian, että valtaosan maailman hiiliatomeista täytyi olla sitoutuneina erilaisiin elollisiin yhteisöihin ja että tämä sille uusi maailma sisälsi mittaamattoman määrän mahdollisuuksia uusiin seikkailuihin, kokemuksiin ja elämyksiin.

Hipsu hihkasi innosta, päästi kiinni pitelemänsä atomiryhmittymän seikkailemaan taivaalle ja suunnisti kohti elollisen maailman seikkailuja. Koska me emme ole elollisen maailman hyviä asiantuntijoita, meidän on parempi päästää Hipsu jatkamaan yksinään ikaikaista etsintäänsä. Emme kuitenkaan sano Hipsulle hyvästi, vaan näkemiin. Emmehän voi tietää, milloin polkumme taas risteävät ja Hipsu tulee vastaamme vaikkapa haukkaamassamme omenassa tai varpaankyntemme alle piiloutuneena. ▲

