



Antti Siivola

*14.9.1936 †18.5.2015

Helsingin yliopiston täysinpalvellut fysiikan professori Antti Tapani Siivola kuoli 78-vuotiaana Helsingissä 18.5.2015. Hän oli syntynyt 14.9.1936 Haminassa. Hän kävi koulunsa Somerolla ja tuli ylioppilaaksi Someron yhteiskoulusta vuonna 1954.

Siivola suoritti filosofian kandidaattitutkinnon vuonna 1958 Helsingin yliopistossa pääaineenaan fysiikka, ja väitteli ydinfysiikan alalta tohtoriksi vuonna 1962. Väitetyään Siivola toimi amanuenssina Helsingin yliopiston ydinfysiikan laitoksella. Vuosina 1963–1965 hän työskenteli vieraillevana tutkijana USA:ssa Berkeleyssä. Siivola nimitettiin Helsingin yliopiston fysiikan professoriksi vuonna 1970. Hän toimi matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan varadekaanina ja dekaanina vuosina 1981–1993. Hän jäi eläkkeelle täysinpalvelleena vuonna 1999. Suomalaisen Tiedeakatemian jäseneksi professori Siivola valittiin vuonna 1973.

Professorikautenaan Siivola toimi erittäin monissa asiantuntijatehtävissä eri organisaatioissa sekä jäsenenä tai puheenjohtajana yliopistollisten laitosten ja tieteellisten organisaatioiden hallintoelimissä. Hän

oli tehokkaasti verkottunut jo ennen kuin koko sanaa oli edes keksitty.

Tohtori Matti Nurmian johtama tutkimusryhmä fysiikan laitoksella keskittyi sekä luonnossa esiintyvien että keinotekoisesti tuotettujen radioaktiivisten, erityisesti alfa-aktiivisten nuklidien, tutkimukseen. Siivola taitavana mittauslaitteiden suunnittelijana ja elektroniikan tuntemuksellaan oli tervetullut lisä Nurmian ryhmään. Nurmian ehdotuksesta Siivolan väitöskirjan aiheeksi valittiin harvinaisten maametallien samariumin (Sm), europiumin (Eu) ja gadoliniumin (Gd) eräiden isotooppien radioaktiivinen hajoaminen. Nämä nuklidit tuotettiin syklotroneilla protonisuihkuja käyttäen kiihdytinlaboratorioissa Englannissa ja Ruotsissa.

Väitöskirjassaan *On the alpha activity of neutron deficient Europium and Gadolinium isotopes* Siivola kuvaa yksityiskohtaisesti monivaiheisen ketjun: sopivien kohtioytimien säteilytys, tutkimuskohteen kemiallinen erottaminen, ohuiden näytetalvojen valmistaminen ja alfahiukasten energiaspektrien mittaaminen ionisaatiokammiota käyttäen. Väitöskirjatyössä Siivola mittasi alfaenergiat nuklideille ^{147}Sm , ^{147}Eu , ^{148}Gd ja

^{150}Gd ja osalle näistä puoliintumisajat tai alfahaarautumat. Lisäksi hän määrittä nuklidien ^{152}Dy ja ^{150}Eu puoliintumisajat. Lopuksi hän tarkasteli yleisesti alfaenergioiden systematiikkaa neutroniluvun N funktiona tällä uudella alfahajoamisen esiintymisalueella luvun $N=84$ ympäristössä.

Väitöskirjatyön ohella Siivola osallistui aktiivisesti Nurmian ryhmän jäsenten tekemään tutkimustyöhön Gustaf Werner instituutissa Upsalassa. Siellä oli tuolloin pohjoismaiden suurin hiukkaskiihdytin 185 MeV:n synkrosyklotroni. Nurmian ryhmä saattoi käyttää kiihdytintä silloin kun se ei ollut muussa käytössä, useimmiten juhlahäviökonloppuisin, kuten pääsiäis- tai juhannusaikaan. Kokeet tehtiin ryhmän omalla mittauskalustolla, joka kuljetettiin pakettiautolla Upsalaan. Siivola oli usein itse mukana näillä mittausmatkoilla, ja kehitti mittauslaitteita uusiin tehtäviin soveltuviksi. Tämän erikoislaatuisen tutkimusmatkailun tuloksena tehtiin ainakin viisi väitöskirjatyötä, muun muassa molempien tämän muistokirjoituksen tekijöiden. Tuona aikana Siivola käytännössä johti Nurmian ryhmää.

Siivola käsitteli väitöskirjassaan alfahajoamiseen liittyvää problematiikkaa laaja-alaisesti sekä mittaustekniikan että tulosten systemaattisen analyysin näkökulmasta. Hänen perusteellinen työnsä arvostettiin korkealle Berkeleyssä, Kaliforniassa, jossa tuolloin oli alan tutkimuksen johtava keskus. Niinpä Siivola sai kutsun post doc -tutkijaksi Kalifornian yliopiston Lawrence Radiation Laboratoryyn, jossa muutamaa vuotta aikaisemmin oli valmistunut uudentyyppinen hiukkaskiihdytin HILAC (Heavy Ion Linear Accelerator). HILAC kiihdytti ionisoituja hiili-, happi- ja argonatomeja niin suuriin nopeuksiin, että ne tunkeutuivat minkä tahansa kohtioaineen ytimiin ja aikaansaivat ydinreaktioita, joiden tuloksena syntyi uusia radioaktiivisia nuklideja. HILAC tarjosi

Siivolalle loistavan mahdollisuuden jatkaa väitöskirjatyössä aloitettua alfa-aktiivisten aineiden tutkimusta.

Jo ensimmäinen Berkeleyn tutkimuksista herätti huomiota. Siinä julkistettiin kahden alfa-aktiivisen nuklidin löytyminen aivan uudelta alueelta nuklidikarttaa, poikkeuksellisen stabiilin alkuaineen, tinan (protoniluku $Z=50$) lähialueelta. Kyseessä oli kaksi hyvin kevyttä telluriumin isotooppia ^{107}Te ja ^{108}Te , joiden protoniluku $Z=52$ on kaksi yksikköä suurempi kuin tinan. Työ julkaistiin lehdessä *Physical Review Letters*, yhdessä fysiikan arvostetuimmista julkaisuista. Samassa lehdessä julkaistiin myös Siivolan seuraava työ "Delayed protons in the decay of ^{108}Te ". Tässä oli puolestaan kyseessä tämän radioaktiivisen hajoamistavan havaitseminen siihen asti raskaimmassa nuklidissa.

Berkeleyn kaksivuotisen vierailun aikana Siivola suoritti huomattavan määrän korkeellisia mittauksia hyödyntäen HILAC-kiihdyttimellä saamaansa runsasta koeaikaa etupäässä mittausten tekoon ja mittauslaitteiston kehittämiseen. Koetulosten analyysin ja julkaisujen kirjoittamisen hän jätti tehtäväksi vasta palattuaan takaisin Suomeen. Niinpä hän julkaisi *Nuclear Physics* -lehdessä kokonaisen sarjan uusia alfa-aktiivisia isotooppeja alkuaineissa iridium (7 isotooppia), platina (9), kulta (5), lyijy (5), vismutti (6) ja polonium (4). Nämä tulokset merkitsivät ennennäkemättömän laajaa aluevaltausta nuklidikartalla, joka kuvaa kaikkia tunnettuja nuklideja neutroni- ja protonilukujen määrittämässä avaruudessa. Siivolan ansiokas tutkimustyö Berkeleyssä avasi tien ja loi vankan perustan hänen jalanjäljissään seuranneille HILAC:lla tutkimustyötä tehneille suomalaisille kokeellisen ydinfysiikan tutkijoille, joita olivat Kalevi Valli, Matti Nurmia, Kari ja Pirkko Eskola, Matti Leino ja Kari Vierinen.

Siivolan myöhemmässä julkaisutoiminnassa painopiste siirtyi ydinrakenteen tutkimukseen gammaspektroskooppisin mittauksin. Hänen johdolla valmistui useita väitöskirjoja, ja hän oli avainasemassa kehitettäessä tietokonepohjaisia mittaussjärjestelmiä sekä kokeelliseen tutkimukseen että mittaustulosten analysointiin. Kiihdytinlaboratorion uuden tandem-van-De-Graaff -kiihdyttimen yhteyteen Siivola toteutti tietokonepohjaisen mittaussjärjestelmän yhdessä Sisko Vikbergin kanssa.

Tekniset laitteet, elektroniikka ja tietokoneet muodostivat tärkeän osan Siivolan harrastuksista ja ammatillisesta elämästä. Nuorena hän rakensi liidokkeja, muun muassa erityisen keveitä sisällä lennätettäviä ”mikrofilmareita”. Hän oli myös radioamatööri ja oppi tämän harrastuksen kautta elektronisten laitteiden rakentamista ja huoltoa. Uransa alussa Siivola avusti seismologian laitosta mittalaitteiden kehityksessä ja -huollossa. Hänen ensimmäinen tieteellinen julkaisunsa on yhteisjulkaisu, joka käsittelee maaperän seismologista tutkimusta Etelä-Suomessa. Toisessa, vain omis- sa nimissään tehdyssä julkaisussa, hän kuvaa rakentamaansa seismografi-piirturi-systeemiä. Hän valmisti väitöskirjatyössään tarvitsemiaan esivahvistimia ja muuta elektroniikkaa itse koska siihen aikaan tutkimukseen oli kovin vähän rahoitusta. Ensiskosketus tietokoneisiin tapahtui kun Helsingin yliopistolle lahjoitettiin ruotsalainen Wegematic 1000 -tietokone. Tämä oli verrattavissa suomalaiseen ESKO-tietokoneeseen, molemmat perustuivat elektroniputkiin ja tarvitsivat paljon huoltoa. Siivola palkattiin muutamaksi vuodeksi ydinfysiikan laitokselle huoltamaan Wegematic-konetta.

Vuoden 1970 vaiheilla tutkimuksen rahoitus oli parantunut niin paljon, että fysiikan laitokselle voitiin ostaa laboratoriotietokone mittausten tekemistä helpottamaan.

Siivolan johdolla tähän isoon hankintaan paneuduttiin huolellisesti. Neljää tarjolla ollutta konetta vertailtiin monipuolisesti, muun muassa arvioitiin, miten nopeasti eri koneet suoriutuisivat joistakin tyyppitehtävistä. Koneeksi valittiin lopulta DEC-yhtiön kone PDP-9/L. Tämä oli tarjokkaista vanhin, kokonaan transistoreista tehty muiden ollessa nuorempia, integroituihin piireihin perustuvia konstruktioita. Valitun koneen etuina oli se, että siihen saattoi omatoimisesti liittää lisälaitteita ja että systeemiohjelmia voitiin muokata muuttuvien tarpeiden mukaisesti. Tähän koneeseen perustuen Siivola johti lukuisia opinnäytetöitä, joissa opiskelijat perehtyivät digitaalielektroniikkaan ja ohjelmointiin käytännössä.

Suomen pankin varoilla hankittiin Suomen korkeakoulujen käyttöön keskustietokone Univac 1108. Sen käyttö alkoi vuonna 1972. PDP-9/L koneeseen ohjelmoitiin Siivolan johdolla tietoliikennetoiminnot niin että Univac-koneelle (myöhemmin myös yliopiston omalle keskuskoneelle) voitiin modeemeja käyttäen lähettää laskentatöitä suoraan fysiikan laitokselta. Yliopiston laskentakeskuksen toiminta laajeni voimakkaasti 1970-luvulta alkaen. Siivola oli mukana tämän toiminnan johtamisessa laskentakeskuksen johtokunnan jäsenenä ja puheenjohtajana.

Integroiduista piireistä kehittyi 1970-luvulla mikroprosessoreja eli tietokoneiden perusyksiköitä. Näitä käyttäen tietokone voitiin rakentaa kirjan kokoiseksi, ja rakentaminen tuli harrastelijoillekin mahdolliseksi. Siivola rakensi brittiläisestä Nascom-rakennussarjasta itselleen mikrotietokoneen 1980-luvun alussa, hieman ennen kuin IBM-PC tuotiin markkinoille. Koneelle ei ensin ollut juuri mitään ohjelmia. Vähitellen sille sovitettiin CP-M käyttöjärjestelmä (hyvin alkeellinen) ja BASIC-tulkki. Nämä ohjelmat joutui Siivolakin itse sovitta-

maan omalle koneelleen, koska vakiintuneita standardeja ei vielä ollut, ne toteutuivat vasta IBM-PC:n vaikutuksesta. Tällainen systeemyö antoi tekijälleen vankan perustan ymmärtää tietokoneiden ja niiden käyttöjärjestelmien toimintaa ja ongelmia.

Maanpuolustus oli Siivolan sydäntä lähellä. Reserviupseerikurssialta hänelle jäi muistoksi kurssin priimukselle annettu miekka. Myöhemmin hän osallistui pitkään MATINEn (Maanpuolustuksen Tieteellinen Neuvottelukunta) toimintaan, lopuksi puheenjohtajana. Hän tutki muun muassa ää-

nien etenemistä sekä ilmakehässä että Suomenlahden rikkonaisissa vesissä. Osa näistä tutkimuksista tehtiin opinnäytteinä. Sohilasarvoltaan Siivola oli reservin majuri.

Tekniikan lisäksi Siivolan rakkain harrastus oli purjehdus. Hän kilpaili Windmill-luokassa, ja oli useita vuosia Suomen Windmill-liiton hallituksen puheenjohtajana. Keväiset hanget Kilpisjärvellä muodostuivat vakituiseksi lomakohteeksi. Yhdessä puolison Liljan kanssa he nauttivat rauhallisista hiihtoretkestä kauniissa tunturimaisemissa yliopiston biologisen aseman ympäristössä.

Kari Eskola ja Pentti Paatero

Antti Siivola In memoriam

Professor Antti Tapani Siivola was born on September 14, 1936 in Hamina and passed away on May 18, 2015. Siivola was appointed professor of physics at the University of Helsinki in 1970. He was vice dean or dean of the Faculty of science during 1981-1993. He retired in 1999.

Siivola graduated in physics in 1958, and obtained his PhD in nuclear physics in 1962, at the University of Helsinki. In 1963-1965, he was a postdoc visitor at Lawrence Radiation Laboratory, UC Berkeley.

Siivola was introduced to scientific work in the group led by Dr. Matti Nurmiä. This group specialized in study of both naturally occurring and artificially produced radioactive isotopes, in particular, alpha-active ones. The subject of Siivola's thesis was chosen to be decay of some isotopes of rare earth elements samarium (Sm), europium (Eu) and gadolinium (Gd). These radioactive nuclei were produced by proton irradiation in cyclotron laboratories in Britain and in Sweden.

In his thesis *On the alpha activity of neutron deficient Europium and Gadolinium isotopes* Siivola describes in detail the steps needed: irradiation of chosen target, chemical separation of the desired element, preparation of a source with a thin layer of alpha-active substance, and measurement of alpha spectra in an ionization chamber and finally analysis of energy spectra. Siivola measured alpha energies for ^{147}Sm , ^{147}Eu , ^{148}Gd , and ^{150}Gd . For some nuclides, he also obtained decay times and alpha branching ratios. Finally he discussed the systematics of alpha decay energy, as a function of neutron number N , in this new region of alpha activity near neutron number $N=84$.

Besides his thesis work, Siivola also worked, together with other group members, at the 185 MeV synchrocyclotron of Gustaf Werner institute in Uppsala, Sweden. Nurmiä group was allowed to use the accelerator when free, such as during easter or midsummer holidays. Chemical separations

and measurements were performed using equipment owned by the group. This equipment was transported from Helsinki to Uppsala in a van. These unusual research trips provided material for five PhD theses, among them those of both authors of this obituary.

Siivola's thesis was highly regarded in Berkeley, California, then the leading site for alpha-decay related research. Thus he was invited to use, as a postdoc, the new "HILAC" (Heavy Ion Linear Accelerator) of Lawrence Radiation Laboratory. The novel feature of HILAC was that it was capable to accelerate ionized atoms of carbon, oxygen and argon to energies high enough to enable them to interact with nuclides of any desired target material. In its reach was thus a host of new radioactive nuclides. Thus HILAC provided an excellent possibility for Siivola to continue his research on alpha-active nuclei.

In his first work carried out in Berkeley Siivola reported finding two new, neutron deficient alpha-active nuclides of tellurium, ^{107}Te and ^{108}Te , with proton number $Z=52$ two units above tin. This study was published in Physical Review Letters, in recognition of its significance. The following work by Siivola, "Delayed protons in the decay of ^{108}Te ", was published in the same journal. At that time, ^{108}Te was the heaviest nuclide known to decay by delayed proton emission.

During his two years in Berkeley, Siivola used an ample fraction of all accelerator time, performing experiments and developing experimental apparatus. He postponed the analysis and publication of results to be carried out after his return to Finland. Then he published in the journal Nuclear Physics a series of articles on new alpha active isotopes, 36 in all, in elements iridium, platinum, gold, lead, bismuth, and polonium. These results contributed an unprecedented amount of information into the "chart of nuclides". Siivola's excellent work using HILAC prepared ground for similar work to be done subsequently by other Finnish nuclear physicists, viz. Kalevi Valli, Matti Nurmi, Kari and Pirkko Eskola, Matti Leino, and Kari Vierinen.

In his later work, Siivola studied nuclear structure by gamma spectroscopic measurements and supervised several PhD theses. Also, he organized development of computer-based measurement systems and introduced students to digital electronics by supervising their hands-on course works about digital systems.

Siivola was a member or president of councils of two international scientific organizations, viz. CERN and EISCAT (European Incoherent Scatter Scientific Association). He became the member of the Finnish Academy of Science and Letters in 1973.

Obituary by Kari Eskola and Pentti Paatero
Translation by the authors