

## HANNES OLOF GÖSTA ALFVÉN



Hannes Olof Gösta Alfvén (1908 – 1995) oli rootsi plasmafüüsik, kes võitis Nobeli füüsikapreemia 1970. a oma tööde eest magnetohüdrodünaamikas (MHD). Ta avastas MHD lained, mida tänapäeval tuntakse Alfvéni lainetena. Ta sai oma hariduse kui elektriinsener, kuid hiljem hakkas tegelema uurimistööga ja õpetamisega plasmafüüsikas ja elektriinseneerias. Alfvén on andnud meile mitmed teooriad, nagu virmaliste, Van Alleni kiirgusvööndite, magnetormide mõjust Maa magnetväljale, Maa magnetosfääri, ja Linnutee plasma dünaamika kohta.

Hannes Olof Gösta Alfvén sündis arstide perekonnas Norrköpingis Östergötlandi läänis. Tema isa oli suure teadusehuviga praktiseeriv arst Johannes Alfvén ja ema Anna-Clara Romanus oli üks esimesi naisarste Rootsis, mida võib pidada tähelepanuväärseks saavutuseks. Üks Alfvéni onudest – Hugo Alfvén – oli kuulus helilooja, teine onu oli leiutaja ja kolmas agronoom, kes tundis suurt huvi astronoomia vastu ja kaugelt enne oma kaasaegseid formuleeris ideid selle kohta, kuidas meil tuleb suhtuda meid ümbritsevasse keskkonda ja sellega seotud probleemidesse.

Võttes kokku Alfvéni teened võime öelda, et ta andis panuse osakeste kiirendamise füüsikas, juhitas termotuumareaktsioonis, ülehelikiiruse lendudes ja atmosfääri sisenevate kosmoselaevade pidurdamises. Aga samuti ka selgitustes Van Alleni kiirgusvööndite, Maa magnetormide ajal magnetvälja kahanemise, magnetosfääri, komeetide sabade tekkimise ja galaktilise plasma kohta.

Alfvén ennustas juba 1991. a aine jaotuse makroskaalalist filamentstruktuuri, mis tekitab parajat segadust Suure Paugu kosmoloogias.

Alfvén väitis, et kaks sündmust tema lapsepõlves määrasid ta elutee. Neist esimene oli talle

kingitud Camille Flammarioni raamat *Astronomie populaire*, mida ta ennastunustavalt luges ja mis andis talle elukestva huvi astronoomia vastu.

Teine sündmus oli astumine kooli raadioklubi liikmeks, kus ta valmistas raadiovastuvõtjaid. Kuid lähedal raadiojaamu polnud – Norrköping on Stockholmist ca 135 km kaugusel. Aga Alfvén sai kätte Aberdeeni saatja Šotimaal ja kuulas vaimustatult nõrka muusikat, mis tema kõrvaklappidest kõlama hakkas.

Pärast keskkooli astus Alfvén Uppsala ülikooli, kus hakkas õppima matemaatikat ning eksperimentaalset ja teoreetilist füüsikat. Füüsikaosakonnas orienteerus ta spektroskoopiale ning valis praeguse klassifikatsiooni kohaselt tuumafüüsika ja elektroonika.

Alfvéni doktoritöö teemaks sai *Ultralühikesed elektromagnetlained*, mille ta kaitses 1932. a ja ta asus kaheksaks aastaks tööle Uppsala ülikooli elektroonika ja astronoomia alal. Hiljem läks ta üle Nobeli instituuti Stockholmis. Sellele ajavahemikul veetis ta kaks löiku välismaal, mõned kuud Lise Meitneri juures ja umbes pool aastat Rutherfordi juures Inglismaal.

Nobeli instituudis töötades kaldus Alfvén aina rohkem laetud osakeste kiirendamisele isegi kuni kosmiliste kiirte energiani. Tema esimene katse luua kosmilise kiirguse teooria ilmus ajakirjas *Nature* 1933. a. Juba seal ilmnes tema arusaam teadusest, mis jäigi tema elu läbivaks omaduseks. Nimelt ei soovinud ta kosmiliste kiirte olemuse selgitamiseks esitada mingit uut hüpoteesi, vaid proovis neid seletada kõige värskemate vaatlustulemustega, kasutades tähtedevahelise gaasi kohta kineetilist gaaside teooriat.

Kui Alfvén sai 32 aastat vanaks, pakuti talle Kuninglikus tehnoloogia instituudis Stockholmis elektromagnetilise teooria ja elektromagnetiliste mõõtmiste professori ametikohta. Kui ta 30 aastat hiljem sai Nobeli preemia, siis olevat ta öelnud, et hindab seda pakutud professorikohta rohkem kui Nobeli preemiat.

Kuid teadus arenes kiiresti ja Alfvéni professor muutus, alguses 1946. a elektroonika professoriks ja siis 1963. a plasmafüüsika professoriks. Alfvén osutus väga energiliseks professoriks ja tema käe all tekkisid mitmed uued professorid ja lausa osakonnad. Neist kolm osakonda organiseerusid 1990. a Kuninglikus tehnoloogia instituudi Alfvéni laboratooriumiks. 1967. a sai ta professoriks San Diego Kalifornia ülikoolis, nii et ta pidi jagama oma aega järgmisel viisil: kevadpunktist kuni sügispunktini Stockholmis ja sügispunktist kevadpunktini San Diegos. Sellise jagamise eesmärk oli vähendada ookeani ületamiste arvu miinimumini. Ta tegi sellest reeglist vaid kaks erandit, üks kord lapselapse sündimise puhul ja teine kord Nobeli preemia vastuvõtmisel.

Ametlikult jäi Alfvén pensionile 1973. a, kuid ta jätkas töötamist veel kaua pärast seda oma kodumaal.

Alfvén demonstreeris lihtsal ja intuiitiivsel viisil, kuidas laetud osakeste vöö saab säilitada stabiilse tsirkulatsiooni ümber magnetväljaga varustatud planeedi. Enne Alfvéni rehkendati osakeste trajektoorid numbrilise integratsiooni teel, kuid see toimus arvutite-eelsel ajastul, kus

ühe osakese trajektoori arvutamiseks kulus kaks nädalat! Alfvéni antud tööriistad lühendasid seda ajavahemikku märkimisväärselt.

Ta esitas kosmiliste kiirte kiirendamise mehhanismi enne Fermit, kuid seda ei mäletata. Alfvén esitas virmaliste seletamiseks magnetväljadega paralleelsete elektriväljade skeemi, mis esinevad nüüdseks Alfvéni nime kandvates kihtides.

Ta oli esimene, kes seletas komeetide sabade tekkimist plasmafüüsikalise teooriaga Päikesest välja paiskuvast tuules.

Nii ongi praegu, et Päikese füüsikat või plasmafüüsikat ei saa seletada ilma Alfvéni nime kasutamata, rääkimata Alfvéni kihtidest, Alfvéni kriitilistest punktidest, mitut tüüpi Alfvéni raadiustest ja Alfvéni kaugustest. Selle väite tõestuseks võib tuua Alfvéni lained, mille seletus kasvas välja päikeseplekkidest. Kõigepealt tegi ta kindlaks, et elektromagnetilised lained võivad levida elektrit juhtivas keskkonnas. Ja alles pärast seda näitas ta protsessi matemaatiliselt. Enne Alfvéni arvati kindlalt, et elektromagnetilised lained saavad väga heas elektrijuhis levida vaid kiirguse lainepikkuse sügavusele ja siis sumbuvad. Kuid Alfvén näitas, et elektromagnetilised lained võivad elektrit juhtivas keskkonnas levida kuitahes hästi ilma sumbumiseta. Kuid seda ei usutud ja väideti, et kui see nii oleks, siis oleks suur Maxwell need lained juba ammu avastanud.

Alfvén esitas 1937. a idee, et galaktikates võivad olla magnetväljad. Seda ei usutud, sest galaktilist ruumi peeti absoluutseks vaakumiks, kus tähtede magnetväljad nõrgenesid vastavalt pöördkuupseadusele. Alfvén aga arvas, et interstellaarne ruum võib sisaldada küllaldaselt plasmata, et olla elektrivoolu juhtiv ja toetada lokaalsete magnetväljade esinemist. Galaktiline magnetväli tõepoolest avastati hulka aastaid hiljem.

Ning nagu see on üsna tavaline Alfvéni avastustele, siis ka seekord ei nimetatud selle avastuse puhul tema nime.

Tekib küsimus, et kuidas Alfvén nii edukas oli. Ilmselt toetas teda selles veendumus, et kosmilised teooriad peavad sobima katsetega laboratooriumis, milleks võib ju ka kosmost pidada.

Hannes Alfvén sai Nobeli preemia füüsikas 1970. a Rootsi kuninga Gustav Adolf VI käest. On veider, et kuni Nobeli preemia saamiseni vaatas teaduse juhtide seltskond Alfvéni peale viltu. Näiteks 1939. a kirjutas Alfvén tähelepanuväärse artikli, milles esitas magnetitormide ja virmaliste teooria. See teooria on tänapäeval kõikide poolt aktsepteeritud, sest selles oli kirjas, kuidas dipoolses magnetväljas liigub plasma Birkelandi vooludena, mis liiguvad virmaliste tsoonide sisse ja sellest välja. Kuid seda artiklit ajakirja *Journal of Geophysical Research* eelkäija ei avaldanud, kuna oli vastuolus toleaege Briti-Ameerika kuulsuse Sydney Chapmani ja tema kolleegide teooriaga.

Vaatleme nüüd seda vastuolu lähemalt.

Alfvéni vaated interplanetaarse keskkonna elektrijuhivuse kohta olid samad, mis suurel norra füüsikul Kristian Olaf Bernhard Birkelandil – virmalisi ja polaarseid magnetilisi häiritusi põhjustavad elektrivoolud mööda Maa magnetvälju. See polnud mitte niisama öeldud, vaid Birkeland oli selle kindlaks teinud oma teooria, laboratoorsete katsete, polaarekspeditsioonide ja ümber Maakera paiknevates magnetvälja observatooriumites tehtud vaatlustega. Kuid Birkeland suri 1917. a ja interplanetaarse ning magnetosfäärilise füüsika patriarhiks sai ameerika teadlane Sydney Chapman. Vastupidiselt Birkelandi teooriale arvas Chapman, et elektrivool liigub vaid ionosfääris ja allasuunatud voolu ei eksisteeri. Tema teooria oli matemaatiliselt laitmatu ja Birkeland jäi unarusse. Kuid mitte kauaks, sest Alfvén andis sellele uue elu, rõhudes asjaolule, et mööda Maa magnetvälja allasuunatud voolud olid hädavajalikud ionosfäärsete voolude tekkeks. Selgus probleemi tuli 1974. a, kui satelliidid mõõtsid esimest korda allasuunatud voolusid.

Enne seda aega pidi Alfvén oma artikleid avaldama vähemtuntud ajakirjades, kuid enamiku oma uudseid ideid avaldas ta oma raamatus *Kosmiline elektrodünaamika* 1950. a. Läks aastaid, enne kui tema ideid hakati tunnustama. Näiteks tema hüdromagneetiliste lainete teooria kohta ilmus lihtne ja selge artikkel ajakirja *Nature* kirjade osas 1942. a. Kuid Arizona ülikooli professori, ajakirja *Geophysical Research Letters* endise toimetaja Alex Dessleri sõnade kohaselt tunnustati seda 1948. a Chicago ülikooli seminaril, kus kuulus Enrico Fermi oli Alfvéni ettekande peale pead noogutanud ja öelnud: "Muidugi!" Nagu Alfvén oli öelnud, järgmisel päeval noogutasid kõik ja ütlesid: "Oo, no muidugi!"

1950. a oli Alfvén koos oma kolleegi N. Herlofsoniga esimene postuleerima taevakehade mittesoojuslikku kiirgust kui sünkrotronkiirgust, mille põhjustavad kiiresti liikuvad elektronid magnetväljas. See postulaat on olnud üks kõige tulemuslikkumaid astrofüüsikas, sest peaaegu kogu raadioteleskoopide poolt kinnipüütav kiirgus on just sünkrotronkiirgus. Väga iseloomulik oli ka Alfvéni 80. sünnipäev, mil talle anti Ameerika geofüüsika uniooni kõige prestiižsem auhind – Bowie medal – tema kolmekümmend aastat varem tehtud tööde eest komeetide ja Päikesesüsteemi plasma alal. Neid hakati tunnustama alles siis, kui komeetide ja planeetide magnetosfääre mõõdeti satelliitidelt ja kosmosesondidelt.

Plasmafüüsikale toetudes esitas Alfvén koos rootsi füüsiku Oskar Kleiniga oma variandi maailma loomisest, mis kapitaalselt erineb praegu õigeks tunnustatud Suure Paugu kosmoloogiast. Kuid sellel praegusel teorial on nõrk punkt – pärast Suurt Pauku oli vaja teooriasse tuua kiire maailma paisumine – inflatsioon. See aga muudab kogu teooria vaid usuks, sest inflatsioonile üldtunnustatud põhjust pole leitud.

Niisiis, plasma kosmoloogia on mittestandardne selles mõttes, et ioniseeritud gaasi dünaamika mängib väga suurt, isegi võib olla dominantset rolli Universumi füüsikas interstellaarsel ja intergalaktilisel skaalal. Samal ajal kui üldiselt tunnustatud kosmoloogia seletab makroskaalalisi protsesse gravitatsiooni abil.

Alfvén-Kleini kosmoloogias postuleeritakse, et aine ja antiaine eksisteerivad võrdsetes hulkades makroskaalal ja et Universum on igavene ega ole piiratud Suure Pauguga. Vaadeldava Universumi paisumine on tingitud aine ja antiaine annihilatsioonist neid eraldaval kihil. Seda teooriat pole siiski üldiselt vastu võetud, sest ta ei seleta astrofüüsikalistest vaatlustest saadud tulemusi.

Üks põhjusi, miks Alfvén oma teooriaga välja tuli, selgub tema ütlusest, et ta oli juures, kui Georges Lemâitre oma teooriat kirjeldas. Lemâitre oli siis katoliku hierarhia liige ja samas väga hea teadlane. Eraviisiliselt olevat ta Alfvénile öelnud, et tema teooria on viis, kuidas lepitada teadust Püha Aquino Thomase teoloogilise ütlusega maailma loomisest mitte millestki. Kuna aga religioon olemuslikult eitab empiirilisi meetodeid, siis ei tohi otsida viise religiooni lepitamiseks teadusega. Lõpmatult vana ja kogu aeg arenev Universum ei ole seletatav Esimese Moosese raamatuga. Samal ajal pole budhismis mingit maailma loomise juttu.

Alfvéni teaduslik karjäär oli üsna turbulentne vastukaaluks tema rahulikule perekonnaelule, mis oli suures osas tema abikaasa Kirsteni teene - nad olid abielus 67 aastat. Nad kasvasid üles viis last, kelle hulgas pojast sai arst ja nelja tütre hulgas oli üks Rootsis tuntud kirjanik ja üks advokaat.

Alfvén kirjutas ka aimeraamatuid, mõnikord koos abikaasaga. Nende hulgas on *Maailmad-Antimaailmad: antiaine kosmoloogias* (1966) ja *Suur arvuti: visioon* (1968). Selles viimases kirjeldab autor seda, kuidas aina keerulisemaks muutuvad arvutid võtavad võimu, algul riigivalitsuse üle ja siis kogu maailma üle. See on lausa tulevikku vaatav, sest praegu seisame me selliste sündmuste lävel.

Alfvén ei sallinud arvuteid, kuid lõpuks oli ta ikkagi sunnitud neid oma plasmasimulatsioonide uurimiseks hea pilguga vaatama.

Nimetame veel mõningaid Alfvéni raamatuid: *Aatom, inimene ja Universum: Pikk komplikatsioonide ahel* (1969) ja *Elu kolmandal planeedil* (1972). Alfvén oli haaratud relvastumise vastases liikumises, ta oli Teaduse ja Maailma Asjade Pugwashi konverentsi president. Ta tundis suurt huvi teaduse ajaloo, idamaade filosoofia ja religiooni vastu. Alfvéni poeg oli rootsipoolne sekretär ühingus Arstid Sotsiaalse Vastutuse Eest.

Alfvén oli tuntud oma huumorimeele poolest - tal oli anekdoot igaks elujuhtumiks. Talle meeldis ka reisida eksootilistesse maadesse nagu Sri Lanka, Fiji saared ja Amasonase jõgikond.

Ta oskas inglise, saksa ja prantsuse keelt, ka vene keelt ning natuke hispaania ja hiina keelt.

Nagu öeldud, Alfvéni saavutusi füüsikas ja astrofüüsikas tunnustati suure hilinemisega - kaas arvatud Kuningliku astronoomiaseltsi kuldmedal (1967), Nobeli auhind (1970), Franklini instituudi kuldmedal (1971), Lomonosovi medal (1971). Paljud akadeemiad ja instituudid valisid ta oma auliikmeteks - Elektri ja elektroonika Instituut, Euroopa füüsikaselts, Rootsi

Kuninglik akadeemia, Rootsi kuninglik inseneriteaduste akadeemia, Ameerika kunstide ja loodusteaduste akadeemia, Jugoslaavia teaduste akadeemia ning Nõukogude Liidu ja Ameerika teaduste akadeemiad.

## **Kasutatud allikad**

<http://www.alfvenlab.kth.se/hannes.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hannes\\_Alfv%C3%A9n](https://en.wikipedia.org/wiki/Hannes_Alfv%C3%A9n)

<https://plasmauniverse.info/people/alfven.html>

<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Alfven/>

A.L. Peratt, *Dean of the Plasma Dissidents, The World & I*, pp. 190-197, May 1988.