

OSKAR BENJAMIN KLEIN



Oskar Benjamin Klein (15.09.1894 – 5.02.1977) oli rootsi teoreetiline füüsik, kes on tuntud oma töödega stringiteooriast, eriti aga Kaluza–Kleini teooriast, mis on ju osaliselt tema järgi nimetatud.

Klein sündis Stockholmi Danderydi vallas¹ ema Antonie Levy ja Stockholmi pearabi Gottlieb Kleini noorima pojana. Isa oli pärit Ungari kuningriigist Homanna väikelinnast (praegu Humenné linnake Slovakkias).

Kleini isa oli saanud doktorikraadi Heidelbergist ja läks Rootsi 1883. a. Kuna ta ise ei saanud teadusega tegelemist jätkata, siis rahuldus ta selle oma vajaduse poja Oskari kaudu. Nii oligi noor Oskar väga huvitatud bioloogiast. Kuid ta vahetas selle huvi noorukieas keemiahuvi vastu. Arvatavasti isa kasutas oma tutvust Svante Arrheniusega mõjuval viisil – Arrhenius kutsus Kleini enda juurde Nobeli instituuti laborandiks. Teda hakkas huvitama ainete lahustuvus ja Kleini esimene artikkel 1912. a (kaheksateistkümne aastasena!) käsitles tsingi hüdroksiidi lahustuvust leelistes. Samal aastal lõpetas Klein keskkooli. Ta siiski kohe ülikooli ei astunud, vaid alles 1914. a tegi ta Stockholmi ülikooli sisseastumiseksamid.

Arrhenius tahtis Kleini saata tööle Pariisi Jean-Baptiste Perrini juurde², kuid puhkes I maailmasõda ja Klein mobiliseeriti. Klein oli sõjas aastatel 1915 –

¹ Praegu üks väiksemaid Rootsi kommuune Stockholmi vallas.

² Jean Baptiste Perrin (1870 – 1942) oli prantsuse füüsik, kes uurides väikeste osakeste liikumist vedelikus - Browni liikumist – tõestas sellele fenomenile Einsteini antud seletuse – et ained koosnevad aatomitest - ja sai Nobeli preemia füüsikas 1926. a.

1916. Siis ta vabanes ja asus uuesti tööle Arrheniuse juurde, uurima alkoholide dielektrilisi konstante erinevates lahustites.

Ta kohtus 1917. a Hendrik Anthony Kramersiga, kes oli Niels Bohri tudeng Kopenhaagenis. See kohtumine ei jäänud viimaseks ja juba samal aastal sai ta stipendiumi õppimiseks välismaal ning ta otsustas hakata seda kasutama Kopenhaagenis Bohri juures. Kuid ta jäi kaheks aastaks tööle ka Arrheniuse juures, seega pidi ta sõitma kahe linna vahet. 1919. a suve veetis ta Kopenhaagenis koos Kramersiga ja järgmisel aastal pöördus tagasi Stockholmi. Kuid Bohr oli aru saanud Kleini väärtusest ja ta tuli 1920. a Stockholmi, et veenda Kleini pöörduma tagasi Kopenhaagenisse tööle tema instituudis. Klein jäi nõusse. Nii algas viljakas koostöö, mis viis Kleini ka esimesele õpetavale positsioonile. Sel ajal töötas Bohr koos Svein Rosselandiga, uurides aatomite ja vabade elektronide segu statistilist tasakaalu. Sel ajal usuti, et aatomitega põrkuvad elektronid kaotavad alati energiat. Klein aga leidis koos Rosselandiga, et nn teist järku põrgetes saavad elektronid hoopis energiat juurde!

1917. aastast töötas ta mõned aastad Niels Bohri juures Kopenhaageni ülikoolis, uurides jõudusid ionide vahel tugevates elektrolüütides, kasutades Gibbsi statistilist mehaanikat. Klein kaitses 1921. a oma doktoriväitekirja *Zur statistischen Theorie de Suspensionen und Lösungen* Stockholmi ülikooli kolledži juures (praegu on see Stokholmi ülikool), kusjuures tema oponendiks oli Erik Ivar Fredholm³. Pärast edukat kaitsmist abistas ta Bohri tema reisil Göttingeni. Sellel ajal kirjutas Klein ka pool-populaarseid artikleid füüsikast. Tema esimene töö selles vallas oli filosoofilist laadi artikkel, milles ta lükkas ümber rootsi filosoofide vastulause relatiivsusteooria kohta.

Umbes samal ajal hakkas ta otsima ka püsivamat ametikohta.

³ Erik Ivar Fredholm (1866 – 1927) oli rootsi matemaatik, kelle tööd integraalvõrrandite ja operaatorite teoorias ennetasid Hilberti ruumide teooriat. Ta sai doktorikraadi Uppsala ülikoolis Gösta Mittag-Leffleri juhendamisel. Oma akadeemilise karjääri kõrval töötas ta ka Rootsi sotsiaalkindlustuse agentuuris.

1923. a abiellus ta Gerda Agnete Kochiga ja võttis vastu ametikoha Michigani ülikoolis Ann Arboris USAs. Pole imestada, et selle ametikoha saamisel abistas teda tema austusväärne sõber Niels Bohr.

Kleini esimeseks tööks Ann Arboris oli anomaalse Zeemani efekti käsitlemine, sest keegi polnud aru saanud aatomite käitumisest magnetväljas. Ainuke, mida selle kohta öeldi, oli et spektrijooned magnetväljas lõhestuvad. Ta jätkas vastastikmõjude uuringuid pretsesseeruvate elektronidega kaheaatomsetes molekulides, vaadeldes pöördemomenti molekuli sees.

1924. a õpetas ta elektromagnetismi ja elektrilise osakese käitumist gravitatsiooni ja elektromagnetilises väljas. Sisuliselt oli see tema ühendmudel väljateooria uuringute algus, milles ta võttis appi viienda dimensiooni⁴ ruumis. Alguses oli Klein väga kindel ühendmudeli võimalustes loodust seletada, kuid aegamisi hakkas ta lootus vähenema, kuni kadus hoopis. Võimalus kasutada viiedimensioonilist lähenemist jäi siiski alles. Ilmselt sel ajal Klein veel ei tundnud Kaluza⁵ töid ja ta saatis oma artikli Einsteinile, kes polnud sellest eriti huvitatud. Hiljem ta siiski taipas selle idee tähtsust ja julgustas Kaluzat oma ideid avaldama.

1925. a pöördus Klein tagasi Kopenhaagenisse ja jäi pooleks aastaks hepatiiti. Selle aja sees külastasid teda Heisenberg ja Schrödinger. Kui Klein oli tervenunud, siis tutvus ta Kaluza töödega ning kirjutas selle üles adapteeritud kujul, kusjuures ühe erinevusega – Kleini ekstra dimensioon oli keeratud Plancki diameetri suurusega (10^{-33} cm) palliks. Ja see oli ikkagi loomult eukleidiline, kuigi mittevaadeldav ja vastas sisult elektrilaengule. Kleini ettekujutuse järgi oli viies dimensioon perioodiline perioodiga $l = \hbar c (2k^{1/2} e^{-1})$, kus k on Einsteini gravitatsioonikonstant ja perioodi suurus vastab Plancki pikkusele.

⁴ Viies dimensioon on kontseptuaalne, mittevaadeldav ruumi mikrodimensioon. Seda vaadeldakse kui ruumi dimensiooni ja teorias on see aegruumi tasand, mis on nii kõver, et see kogu dimensioon on aatomist väiksem silmus.

⁵ Theodor Franz Eduard Kaluza (1885 – 1954) oli saksa matemaatik ja füüsik, kes on tuntud Kaluza-Kleini teooria ühe rajajana, mis sisaldab viiedimensionaalse aegruumi väljavõrrandeid. Kaluza idee, et mitmedimensionaalsed aegruumi võrrandid on võimelised ühendama fundamentaaljõud, leidis kasutamist palju hiljem stringiteoorias.

Kleini tulemused avaldati ajakirjas Nature 1926. a sügisel ja mitmed suurmehed hakkasid nende vastu huvi tundma, kuid see huvi rauges ja füüsikud hakkasid tegelema enam lubavate ja eksperimentaalselt tõestatavate teooriatega. Uus põlvkond, ligi pool sajandit hiljem, pöördus Kaluza-Kleini teooria juurde tagasi. Pärast 1925. aastat töötas Klein koos Paul Ehrenfestiga⁶ Leidenis ja siis sai ta dotsendiks Lundi ülikoolis ning seejärel võttis 1926. a vastu talle pakutud professorikoha Stockholmi ülikooli kolledžis. Sellel ametikohal oli enne töötanud Fredholm kuni oma surmani 1927. a.

1927. a nimetati Klein Kopenhaageni ülikoolid lektoriks, kuid ta jätkas uuringuid koos Pascual Jordaniga⁷ sekundaarsest kvantimisest⁸ kvantmehaanikas.

Koos Jordaniga tehtud töödes näitas Klein tihedat sidet kvantväljade ja kvantstatistika vahel. On teada, et sekundaarne kvantimine garanteerib footonite allumise Bose-Einsteini statistikale, kuid Klein näitas, et sekundaarne kvantimine ei ole piiratud üksnes vabadele osakestele. Koos Jordaniga näitas Klein, et on võimalik kvantida mitterelativistlikku Schrödingeri võrrandit, ja talle langes osaks au saada veel üks nimeline matemaatiline tööriist, nimelt Jordan-Kleini maatriksid.

Järgnevatel aastatel töötas Klein koos jaapani füüsiku Yoshio Nishinaga⁹, kes oli Kopenhaagenis pikaajalisel uuringuviisidil ja tegeles Diraci elektroni Comptoni hajumisega. Hoolimata Kleini paradoksist, et füüsikud polnud korralikult positronist aru saanud, näitas Nishina, et Diraci relativistlik lainevõrrand töötab ka positroni puhul.

⁶ Paul Ehrenfest (1880 – 1933) oli austria teoreetiline füüsik, kes andis suure panuse statistilisse mehaanikasse ja selle seoste kvantmehaanikaga, kaasa arvatud faasiüleminekute teooria ja Ehrenfesti teoreem. Ta sõbrunes Albert Einsteiniga visiidi ajal Prahasse 1912. a ja sai professoriks Leidenis. Ta tappis oma invaliidist poja Wassiku 1933. a ja seejärel iseenda.

⁷ Ernst Pascual Jordan (1902 – 1980) oli saksa teoreetiline ja matemaatiline füüsik, kes andis suure panuse kvantmehaanikasse ja kvantväljateooriasse. See panus oli seotud maatriksmehaanika matemaatikaga ja ta arendas kanoonilist antikommutatsiooni suhteid fermionidele. Ta tõi sisse Jordani algebrad katses formaliseerida kvantväljateooriat ja need algebrad on leidnud arvukaid rakendusi matemaatikas.

⁸ Sekundaarse kvantimise all mõeldakse siin elektromagnetvälja kvantimist.

⁹ Yoshio Nishina (1890 – 1951) oli jaapani füüsik, keda nimetati moodsate füüsikaalaste uuringute isaks Jaapanis. Tema juhtis ka jaapani katseid arendada II maailmasõja ajal välja jaapani aatompomm.

Heisenbergi ütluse kohaselt oli Klein väga oluline määramatuse printsiibi üldistamisel, näidates, et see on palju üldisema komplementaarsuse printsiibi¹⁰ erijuht.

Klein avastas 1926. a Klein-Gordoni võrrandi, mis on lihtsaim relativistliku lainevõrrandi prototüüp. See kirjeldab skalaarväljade käitumist, nagu näiteks piionitega seotud väljad.

Walter Gordon¹¹ avastas sõltumatult Kleinist sama võrrandi ja avaldas selle mõni kuu hiljem. Ka Vladimir Fock¹² sai sellega hakkama. Tegelikult oli selle võrrandi juba varem leidnud Erwin Schrödinger, kuid ei tahtnud seda avastust avaldada, sest see võrrand ei andnud vesiniku aatomi õiget peenstruktuuri. Muide, sellele võrrandile Klein-Gordoni nime andmine võttis viiskümmend aastat aega (mõnedel andmetel kaks korda vähem)!

1930ndatel aastatel aitas Klein paljusid Saksamaalt põgenevaid füüsikuid nende juudi rahvuse pärast. Meil oli siinkohal juttu Walter Gordonist, keda Klein abistas ja kes sai Kleiniga koostöö kaudu omanimelise võrrandi. 1943. a aitas Klein Bohril põgeneda Kopenhaagenist.

Samadel aastatel käis Klein palju ka konverentsidel, ka näiteks 1938. a Varssavi konverentsil, kus esines ettekandega Abeli normeerimisteooriatest. Sellele konverentsil osalesid ka Sir Arthur Eddington, Eugene Wigner ja teised. Selle konverentsil esines Klein ettepanekuga, et spin -1 osakesed vahendavad beeta-lagunemist ja mängivad samasugust rolli, kui nõrkades vastastikmõjudes footonid elektromagnetismis. See ettepanek tekitas jälle segadust ühendamudeli teoorias, seekord siis katses ühendada tugevad, nõrgad ja elektromagnetilised jõud. Seda tööd pandi tähele alles 20 aasta pärast, kui

¹⁰ Komplementaarsuse printsiip ütleb, et teatud komplementaarsete omaduste paare ei saa kõiki vaadelda ega mõõta samaaegselt, näiteks asukohta ja liikumishulka või laine ja osakese omadusi.

¹¹ Walter Gordon (1893 – 1939) oli saksa teoreetiline füüsik, kes sõltumatult Oskar Kleiniga leidis lihtsaima relativistliku lainevõrrandi prototüübi. Tema teine oluline panus oli nn Gordoni dekompositsiooni sissetoomine Diraci võrrandisse, aidates nii seletada elektroni güromagnetilist omadust.

¹² Vladimir Fock (1898 – 1974) oli nõukogude füüsik, kes tegi põhjapanevat tööd kvantmehaanikas ja kvantelektrodünaamikas.

selle elustas Julian Schwinger¹³ 1957. a.

1940ndatel aastatel töötas Klein paljude probleemide kallal, kaasa arvatud ülijuhtivus koos Jens Lindhardiga¹⁴ 1945. a, biokeemias, universaalses pp-lagunemises, üldrelatiivsusteoorias ja tähtede evolutsioonis. 1947. a leidis ta sõltumatult koos Giovanni Puppiga¹⁵, et elektron ja μ -meson on mõlemad “nõrgad” osakesed.

Ka 1950ndatel ja 1960ndatel jäi Klein aktiivseks, esitades 11. Solvay konverentsil uue kosmoloogilise mudeli kooskõlas Hannes Alfveni töödega ja avaldades artikli Einsteini üldrelatiivsuse kohta ajakirjas *Astrophisica Norvegica* 1964. a. Oma hilisemates aastates huvitus ta filosoofiast, eriti aga usu ja teaduse analoogiast.

Lisaks sellele avaldas ta mitu populaarset raamatut, mida me ammu poelettidelt ei leia.

Kleinile anti Max Plancki medal 1959. a. Ta oli valitud Rootsi, Taani ja Norra teaduste akadeemiasse ja Nobeli füüsikakomiteesse. Ta sai aunimetused Kopenhaageni ja Oslo ülikoolidest. Oskar Kleini Kosmoosakeste keskus on samuti oma nime saanud tema järgi.

Kleinil oli väga tagasihoidlik inimene ja tal oli palju sõpru nii Euroopas kui Ameerikas.

Klein emeriteerus 1962. a.

Ta suri 5. veebruaril 1977. a Stockholmis. Helle Klein – rootsi ajakirjanik ja Sigtuna koguduse preester - on Oskar Kleini tütre Ulla Mariann Kleini tütar.

¹³ Julian Seymour Schwinger (1918 – 1994) oli ameerika teoreetiline füüsik, Nobeli preemia laureaat. Ta on paremini tuntud oma töödega kvantelektrodünaamikast (QED), arendades relativistlikult invariantset häiritusteooriat ja renormaliseerides QED. Schwinger oli füüsika professoriks paljudes ülikoolides.

¹⁴ Jens Lindhard (1922 – 1997) oli taani füüsik ja Aarhuse ülikooli professor kondenseeritud aine ja statistilise füüsika alal ning ka erirelatiivsusteoorias. Ta oli Taani Kuningliku loodusteaduste ja kirjanduse akadeemia president aastatel 1981 kuni 1988.

¹⁵ Siin võib olla eksitus nimedega, sest ma ei leidnud Puppi nimelist itaalia osakeste füüsikut. Küll on aga olemas olnud Giampetro Puppi, kes tõesti oli nõrkade vastastikmõjude füüsik.

Kasutatud allikad

S. Dreser, *Oskar Klein*, Physics Today, Vol. 30(6), pp.67-68, 1977

https://en.wikipedia.org/wiki/Oskar_Klein

https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Klein_Oskar/

https://sv.wikipedia.org/wiki/Helle_Klein

https://en.wikipedia.org/wiki/Jean_Baptiste_Perrin

https://en.wikipedia.org/wiki/Theodor_Kaluza

https://en.wikipedia.org/wiki/Erik_Ivar_Fredholm

https://en.wikipedia.org/wiki/String_theory

https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Ehrenfest

[https://en.wikipedia.org/wiki/Walter_Gordon_\(physicist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Walter_Gordon_(physicist))

https://en.wikipedia.org/wiki/Hideki_Yukawa

https://en.wikipedia.org/wiki/Pascual_Jordan

https://en.wikipedia.org/wiki/Yoshio_Nishina

https://en.wikipedia.org/wiki/Julian_Schwinger

https://en.wikipedia.org/wiki/Jens_Lindhard

<https://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/7294#/section/7294>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Complementarity_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Complementarity_(physics))

