

GEORGE DAVID BIRKHOFF

George David Birkhoff (21. märts 1884 – 12. november 1944) oli ameerika matemaatik, kes sai oma hariduse Chicagos ja Harvardis. Harvardis sai ta ka professoriks. Tema kõige tähtsam avastus oli ergoodiline teoreem 1931. a. Birkhoff oli oma põlvkonna üks kõige tähtsamaid ameerika matemaatikuid ja arvatakse, et ta oli üleüldse kõige kuulsam ameerika matemaatik.



George David Birkhoff (edaspidi Birkhoff) sündis Michigani osariigis Overiseli alevis arst David Birkhoffi ja Jane Gertrud Droppersi peres. Oma hariduse sai Birkhoff Chicagos, kus ta õppis kuus aastat Lewise instituudis, Aasta enne lõpetamist alustas ta kirjavahetust Harry Vandiveriga ¹ ühe arvuteooria probleemi üle. Kahekesi uurisid nad algarve ja kirjutasid ka artikli, mis

¹ Harry Schultz Vandiver (1882-1973) oli ameerika matemaatik, kes on tuntud oma töödega arvuteoorias.

avaldati ajakirjas *Annals of Mathematics* 1904. a. Samal aastal ilmus tal ka analüüsialane artikkel Ameerika matemaatikaseltsi ajakirjas.

Kui Birkhoff oli Lewise kooli lõpetanud, siis astus ta 1902. a Chicago ülikooli ja õppis seal ühe aasta ning siis siirdus Harvardi ülikooli, kus õppis aastatel 1903-1905.

Birkhoff on öelnud, et õpingute ajal oli teda kõige rohkem mõjutanud Maxime Bôcher, kes tegeles diferentsiaalvõrrandite, ridade ja algebraga.

Birkhoff sai oma A.B. ja A.M. Chicago ülikoolist. Ja 1905. a pöördus ta uuesti Chicago ülikooli, et valmistuda doktoriväitekirja kaitsmiseks. Ta uuris asümptootseid reaksarendusi ja ääreväärtusprobleeme, ka Sturm-Liouville'i probleeme. Samal ajal luges ta palju Henri Poincaré töid, mis olid tema jaoks huvitavamad kui juhendaja Eliakim Moore'i ² suunamised. Poincaré töödes huvitasid Birkhoffi diferentsiaalvõrrandid ja taevamehaanika.

1907. a esitas Birkhoff oma doktoriväitekirja *Teatud tavaliste diferentsiaalvõrrandite asümptootilised omadused koos rakendustega ääreväärtus- ning reaksarenduste probleemides*. See töö oli suurepärase mitte niivõrd heade tulemuste poolest, kui uute uurimissuundade avamise kohalt. Näiteks Birkhoffi enda tööd lineaarsete diferentsiaal- ja diferentsvõrrandite ning üldistatud Riemanni probleemi uurimises olid just alguse saanud tema väitekirjast.

Birkhoff töötas Wisconsinis ülikoolis Madisonis instruktoriga ajavahemikul 1907 kuni 1909. Sel ajal abiellus ta Margaret Elizabeth Grafiusega ning neil oli kolm last, ühest neist sai samuti tuntud matemaatik - Garret Birkhoff (1911-1996).

Pärast Wisconsinis läks Birkhoff Princetoni ülikooli instruktoriga ning 1911. a valiti ta professoriks. Juba järgmisel aastal läks ta Harvardi ülikooli kaasprofessoriks ning 1919. a promoveerus ta professoriks. Harvardi ülikooli

² Eliakim Hastings Moore (1862 – 1932) oli ameerika matemaatik, kellel on tulemusi abstraktses algebras, geomeetria alustes, metamatemaatikas ja mujal. Ta juhendas mitmeid hiljem kuulsaks saanud matemaatikuid.

jäi ta kogu järgnevaks eluks. 1932. a nimetati ta Perkinsi ³ professoriks ning 1936. a sai temast kunstide ja loodusteaduste fakulteedi dekaan.

Millised olid Birkhoffi uurimisteemad?

1912. a proovis ta lahendada nelja värvi probleemi ⁴ ja tõi sisse kromaatilise polünoomi, mis leidsid hiljem kastamist algebralises graafide teoorias.

Järgmisel aastal tõestas ta Poincaré *Viimase geomeetrilise teoreemi*, mis on kolme keha probleemi erijuhtum. Poincaré oli selle välja kuulutanud 1912. a, veidi enne oma surma. See teoreem kinnitab, et piiratud kolme keha probleemile on olemas lõpmatu arv perioodilisi lahendeid. Birkhoffi tõestus tegi ta maailmakuulsaks.

1923. a kirjutas Birkhoff relatiivsusteooriast ja kvantmehaanikast raamatu *Relatiivsus ja kvantmehaanika*.

Samal aastal tõestas ta, et Schwarzschildi geomeetria on ainuke sfääriliselt sümmeetriline Einsteini väljateooria võrrandite jaoks. Siit saab järeldada, et mustad augud pole ainult matemaatiline nali, vaid mistahes küllaldase massiga täht võib tõepoolest mustaks auguks muutuda.

1927. a avaldas Birkhoff raamatu *Dünaamilised süsteemid*, kuid Birkhoffi kõige suurem saavutus on ergoodilise teoreemi avastamine ⁵. Kui ta oli kombineerinud ergoodilisuse hüpoteesi mõõdu teooriaga, siis tulemus lahendas statistilise mehaanika fundamentaalse probleemi. Sel teoreemil on oma mõju dünaamikas, tõenäosusteoorias, rühmateoorias ja funktsionaalanalüüsis. Võib veel vast lisada, et tema ergoodiline teoreem

³ James Perkins, Jr. (1761-1822) was a Boston philanthropist, benefactor of the Boston Athenæum, and co-founder with his younger brother Thomas Handasyd Perkins of the Perkins School for the Blind. In his will, Perkins left \$20,000 to Harvard College to establish a chair in "whatever field the President and Fellows should find the most useful". The funds were transferred to Harvard on February 20, 1842, upon the death of Perkins' wife. At that time the Harvard Corporation voted that a Professorship of Astronomy and Mathematics be established in the College to be denominated the Perkins Professorship of Astronomy and Mathematics.

⁴ Nelja värvi probleem matemaatikas väidab, et on vaja vaid nelja värvi mistahes kaardil erinevate piirkondade värvimiseks nii, et mistahes kõrvuti asuvad alad poleks ühte värvi. See oli esimene suurem teoreem, mis tõestati arvuti abil, kus tõestajateks olid 1976. a Kenneth Appel ja Wolfgang Haken.

⁵ Üldiselt on aja järgi keskmestatud protsess erinev ruumi järgi keskmestatud protsessist. Kuid kui teisendus on ergoodiline ja selle mõõt on invariantne, siis need keskmised on peaaegu kõikjal võrdsed. See ongi ergoodilisuse teoreem. Ega see selgitus meid palju targemaks ei teinud.

muutis Maxwell-Boltzmanni gaaside kineetilise teooria kindlapiiriliseks printsiibiks kasutades Lebesgue'i mõõtu.

Birkhoff töötas ka arvuteooria ja Riemann-Hilberti probleemi kallal.

Ta pakkus välja Eukleides geometria jaoks teistsuguse aksiomatiseerimise ja avaldas selle kohta 1941. a töö *Alusgeomeetria*.

Birkhoffi huvialade laiust näitab fakt, et 1933. a avaldas ta raamatu *Esteetiline mõõt*, kus ta esitab esteetika matemaatilise teooria. Enne selle raamatu kirjutamist kulutas ta terve aasta maailma erinevate rahvaste kunsti, muusika ja poeesia uurimiseks. Oma sõpradele olevat ta rääkinud, et lääne muusika formaalne struktuur ja meloodia mõistatused hakkasid teda huvitama juba tudengipäevil. Muusika matemaatilised elemendid, mida ta intensiivselt uuris, viisid ta oma teooria kasutamisele esteetilistes objektides, nagu polügonid, katusekivid (ingl. tiles), vaasid ja isegi poeesia.

1938. a kombineeris ta oma raamatus *Elekter kui vedelik - filosoofia ja loodusteaduste ideed*. 1943. a esitas ta uudse gravitatsiooniteooria, milles ta lubas allikatena ainult ideaalset vedelikku, kus heli kiirus võrdub valguse kiirusega.

Albert Einstein, Norbert Wiener ja mõned teised süüdistasid Birkhoffi antisemitismis, sest ta nagu ei soovinud tööle võtta Euroopast natsismi eest põgenevaid juudi matemaatikuid. 1930ndatel aastatel levis USAs jutt selle kohta, et kui Euroopast põgenevad juudi teadlased tahtsid leida tööd USAs, siis olevat Birkhoff mõjutanud negatiivselt nende töölevõtmist. Einstein kirjutas isegi, et Birkhoff on maailma suurim antisemiit. Chandler Davis ⁶ on kirjutanud, et Birkhoff oli olnud tema õpetaja ja Birkhoffi poeg Garret tema väitekirja juhendaja. Davise sõnade järgi oli isa-Birkhoff pidevalt antisemiit, kes süstemaatiliselt hoidis juute oma osakonnast eemal, kuid elu lõpu poole muutus tagasihoidlikumaks ja ta olevat üht juuti isegi aidanud ametikohale saamises. Ta olevat aidanud ka mitmel juudil leida tööd, kuid mitte Harvardis. Kuigi tema antisemiitsus pole päris selge ja paljud olid märksa suuremad

⁶ Horace Chandler Davis (1926 - 2022) oli ameerika.kanada matemaatik, kirjanik, haridustöötaja ja poliitikaaktivist.

antisemiidid, kuid tema tegevus selles suhtes oli väga suure mõjuga. Siiski ei paista olevat tõde, et Birkhoff oli vastu Oscar Zariski⁷ töölevõtmisele oma osakonda.

Samal ajal polnud Birkhoffi poeg üldse antisemiit.

Kuigi Birkhoffi antisemiitsuse kohta on olemas kindlaid fakte, kuid Saunders Mac Lane⁸ on väitnud, et seejuures polnud Birkhoff antisemiit, vaid ta soovis leida tööd noortele ameerika matemaatikutele ja et tema vaateid jagasid paljud tema kaasaegsed.

Veel enam, Birkhoff näis mõningaid juudi päritolu matemaatikuid lausa soosivat, nagu näiteks Stanislaw Ulamit⁹, kelle sädelev isiksus oli täielikult erinev Birkhoffi rängalt töötavast, agressiivsest ja kergesti ärrituvast loomusest. Birkhoff tahtis Ulamit hoida Harvardis, kuid Birkhoffi kolleegid lükkasid selle idee pahaselt tagasi.

1923. a andis Ameerika matemaatikaselts Birkhoffile värskelt asutatud Bôcheri mälestuspreemia töö eest *Dynamical systems with two degrees of freedom*, mille ta oli avaldanud 1917. a ajakirjas *Transactions of the American Mathematical Society*. Seejuures oli ta seltsi asepresident 1919. a, kollokviumi lektor 1920. a, kui ta pidas loenguid oma *Dünaamilistest süsteemidest*. Ta toimetas ka seltsi ajakirja aastatel 1921 kuni 1924 ja ta oli seltsi president aastatel 1925 kuni 1926.

Ilmselt see tihe seotus seltsiga seletab asjaolu, et Birkhoff töötas Ameerikas väsimatult matemaatika edendamise alal. Isegi nii väsimatult, et Veblen¹⁰

⁷ Oscar Zariski (1899 – 1986) oli Venemaal sündinud ameerika matemaatik, kes oli kõige mõjukam algebraline geomeeter 20. sajandil.

⁸ Saunders Mac Lane (1909 – 2005) oli ameerika matemaatik, kes koos Samuel Eilenbergiga pani aluse kategooriate teooriale.

⁹ Stanislaw Marcin Ulam (1909 – 1984) oli poola päritolu ameerika teadlane matemaatika ja tuumafüüsika alal. Ta osales Manhattani projektis ja tema koos Telleriga oli termonukleaarse relva konstruktsiooni autor.

¹⁰ Thorstein Bunde Veblen (1857 – 1929) oli norra päritolu Ameerika Ühendriikide sotsioloog ja majandusteadlane. Koos John R. Commonsiga asutas ta institutsionaalse majandusteaduse liikumise. Ta on tuntud USA majanduse kriitikuna. Tema tuntuim teos on "The Theory of the Leisure Class" (1899).

kirjeldas seda lausa religioosse pühendumisena. Seejuures oli ta nii tihedalt seotud Euroopa matemaatikutega, et see võimaldas tal kirjutada rapordi Rahvusvahelisele haridusfondile matemaatika seisundist Euroopas. Tema lähimad sõbrad Euroopas olid Hadamard, Niels Nörlund, Levi-Civita ja Whittaker.

Oma väljapaistva tegevuse eest anti talle kolmteist austavat teaduskraadi, millest üks oli Edinburghi matemaatilise seltsi oma. Teistest austusavaldustest võib nimetada Querini-Stampalia preemiat Kuninglikult Veneetsia teadusinstituudilt 1917. a Birkhoffi artikli *The restricted problem of three bodies* eest, aastapreemiat Ameerika teaduse edendamise assotsiatsioonilt 1926. a ja üle aasta antavat Accademia dei Lincei preemiat Roomas 1935. a. Birkhoffi valiti vähemalt kaheteistkümne teadusseltsi liikmeks üle maailma. Teda kirjeldati loomu poolest intensiivselt sotsiaalsena, kes paljudest reisidest Euroopasse ja mujale maailma oli väga tihedalt kontaktis sealsete teadlastega nii osalemises kohtumistel ja kongressidel. Ta oli ka nõutud kui kirjutaja ja esineja populaarsetel teemadel.

Kasutatud allikad

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

<https://www.britannica.com/biography/George-David-Birkhoff>

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