

TEADUSLIKKU JA FILOSOOFILIST

GIGANTUM HUMERIS

SARJA KOLLEGIUM

Airi-Alina Allaste (Tallinna Ülikool)

Irina Belobrovtseva (Tallinna Ülikool)

Karsten Brüggemann (Tallinna Ülikool)

Marju Kõivupuu (Tallinna Ülikool)

Mihhail Lotman (Tallinna Ülikool)

Rain Mikser (Tallinna Ülikool)

Hannes Palang (Tallinna Ülikool)

Ülar Ploom (Tallinna Ülikool)

Kristjan Port (Tallinna Ülikool)

Jaan Puhvel (California Los Angelese Ülikool)

Tõnis Pöder (Tallinna Ülikool)

Rein Raud (Helsingi Ülikool, Tallinna Ülikool)

Raivo Stern (Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut)

Marek Tamm (Tallinna Ülikool)

Peeter Torop (Tartu Ülikool)

Jaan Valsiner (Aalborgi Ülikool)

Anna Verschik (Tallinna Ülikool)

Airi Värnik (Tallinna Ülikool)

Tallinna Ülikool

Albert Einstein

TEADUSLIKKU JA FILOSOOFILIST

VALITUD TÖID

Koostanud ja toimetanud
Piret Kuusk

TLÜ Kirjastus
Tallinn 2015



GIGANTUM HUMERIS

Gigantum Humeris

Albert Einstein

Teaduslikku ja filosoofilist

Valitud töid

Keeletoimetaja Siiri Soidro

Kujundanud ja küljendanud Sirje Ratso

Sarja makett: Rakett

Lk 27: Albert Einstein 1921. aastal Viinis loengut pidamas.

Foto: Ferdinand Schmutzer

© The Hebrew University of Jerusalem

Autoriõigus (tõlge): Georg Liidja, Piret Kuusk, Kalle Hein 2015

Autoriõigus: Tallinna Ülikooli Kirjastus, 2015

ISSN 2228-1029

ISBN 978-9985-58-804-8

TLÜ Kirjastus

Narva mnt 25

10120 Tallinn

www.tlupress.com

Trükk: Pakett

SISUKORD

Raivo Stern	
Einstein ja meie aeg	7
Ivar Piir	
Albert Einstein – aasta 1905 ja 30 aastat hiljem.	13
Albert Einstein	
Ühest heuristilisest vaatekohast valguse tekkimisele ja muundumisele (<i>Tõlkinud Georg Liidja</i>).	29
Paigalseisvates vedelikes hõljuvate osakeste liikumisest vastavalt soojuse molekulaarkineetilisele teooriale (<i>Tõlkinud Georg Liidja</i>)	47
Liikuvate kehade elektrodünaamikast (<i>Tõlkinud Piret Kuusk</i>)	59
Kas keha inerts sõltub selle energiasisaldusest? (<i>Tõlkinud Georg Liidja</i>)	89
Füüsika ja tegelikkus (<i>Tõlkinud Kalle Hein</i>)	93

EINSTEIN JA MEIE AEG

Raivo Stern

Albert Einstein kehastab tänapäeva tsivilisatsiooni jaoks universaalset teadusgeeniust. XX sajandi eelsest ajaloost leiab väheseid võreldavaid suurkujusid veelgi, aga Einstein on teadusgigant, kes on andnud meile suures osas sellise maailmapildi ja arusaamise universumist, millega me praegu, XXI sajandil elame.

Mida võiks tänapäeva inimesele pakkuda Albert Einsteinini elulugu, tema teod, arusaamad, hoiakud ja olulisimad artiklid? Mida oleks Eestimaa inimestel sellest õppida?

Einsteinini kuldsest aastast, kui ilmusid selles raamatus esimest korda eesti keelde jõudnud olulisimad teadusartiklid, möödus kümne aasta eest sajand. Rahvusvaheline füüsika-aasta 2005 tähistas ülemaailmselt ajakirjas *Annalen der Physik* 1905. aastal Einsteinini nende võtmeartiklite avaldamist, mis kuulutasid sada aastat tagasi tänapäevase füüsikaajastu algust. Olulisim osa Einsteinini pärandist ongi just see, et siis loodud kvantmehaanika ja relatiivsusteooria on sundinud meid tunnetama mõisteid *aeg* ja *ruum* ning *mateeria* ja *energia* viisil, mis ei ole üldsegi kooskõlas meie tavapärase argikogemusega.

Levinuim müüt sellest, kuidas teadust tehakse, on umbes selline: geniaalne teadlane istub laua taga või müttab üksi pikki aastaid laboris, kuni talle lõpuks kangastub see oodatud hetk – *Eureka!* Selline naiivne ettekujutus on peaaegu alati vale. Tegelikult toimub teaduse areng järk-järgult, enamik teadlasi töötavad (suurtes) meeskondades, uusi revolutsioonilisi teooriaid ei loo maailmale eraklikud geeniused. Aga Albert Einstein, väljapaistva erandina, just seda tegi.

Käesoleva aasta (2015) 2. detsembril tähistatakse 100. aastapäeva tänapäevani füüsikute põhiliseks gravitatsiooniteooriaks

oleva Einsteini üldrelatiivsusteooria avaldamisest neljal lühikesel leheküljel. Universumi suurimaid vahemaid käsitlev üldrelatiivsusteooria on koos kvantmehaanikaga, mis valitseb vähimaid vahekaugusi, tänapäeva füüsika nurgakiviks. Aga kui kvantteooria oli terve nimekirja XX sajandi alguse füüsika suurkujude – de Broglie', Bohri, Heisenbergi, Schrödingeri, Borni, Diraci ja teiste – ühissaavutus, siis üldrelatiivsusteooria ilmus teadlaskonna ette ainuisikuliselt Einsteini enda meeltes moodustununa.

Oma teooriat koostades tugines Einstein mõtteeksperimentidele – samamoodi nagu ta oli teinud töötades välja 1905 avaldatud erirelatiivsusteooriat, mis osutas, et ruum ja aeg on ühtse aegruumi samaväärsed aspektid. Erirelatiivsusteooriat luues kujutles Einstein end surfamas valguslainel; üldrelatiivsusteooria puhul jalutas ta mõttes üle katuseserva maha. Läbi selliste mõttelendude sai Einstein selgelt aru, et gravitatsioon on vaid aegruumi kõverdumine massi ja energia tõttu.

Nüüd, terve sajand hiljem, toetab see mõistmine tiptasemel füüsikat, alates gravitatsioonilainete otsimisest ülimassiivsete mustade aukude kokkusulamistel kuni universumi päritolu uurimiseni. Einsteini paljudest originaalsetest panustest on üldsuse ettekujutusvõimet enim haaranud töö, mille olemus seisneb ühesainsas sõnas: *suhtelisus*. Ka tänapäeva füüsikud maadlevad endiselt selle matemaatilisel lihtsa, aga sürrealistlikult kõlava teooria mõjudega. Ja ilmselt kõlab juhuslikult vastutulijalt esimesena pähe tulevat füüsikavalemit küsides sagedaimini tema kuulus $E=mc^2$.

Einstein sattus elama ajajärku, mis kujundas tema selgelt sõjavastase ja humaansust kummardava isiksuse. Mõlemad maailmasõjad läbi kogenuna, Hitleri tõusmist näinuna ja selle eest elu lõpuni pagulasestaatuse valinuna ning XX sajandi suurimate füüsikaavastuste toel massihävitusliku tuumarelva loomisele kaasa elanuna ning selle eest hoiatanuna oli Einsteinil unikaalne ja ülimalt mõjus positsioon esineda sisulise arvamusiidrina küsimustes, millises suunas kogu inimkond, aga ka üksikud suurriigid peaksid arenema. Raskesti mõistetaval kombel hoidis Einstein enda jaoks oma uurimistöö

selgelt lahus ühiskondlikust ja poliitilisest tegevusest. Augustis 1949 kirjutas ta: „Minu teadustöö on ajendatud vastupandamatust igatsusest mõista looduse saladusi ja mitte mingitest teistest tunnetest. Minu armastus õigluse vastu ja püüd kaasa aidata inimeste tingimuste parandamisele on üsna sõltumatu minu teaduslikest huvidest.“ Kuid kuidas ta ka tahtis vältida elu käänakutega tegelemist, oli ta täiesti teadlik, et ta ei suuda seda täielikult teha. Lisaks sellele sai tema äärmiselt oluliseks mureks väljendada oma ideaale inimkonnale ja määratleda inimeksistentsi peamised põhimõtted. Einstein rõhutas, et kõige olulisem tegur inimkonnale on meie moraal ja eetilised hoiakud. Tema jaoks oli moraalsus oluliselt suurem probleem kui teadusuuringud.

Eks oleme Eestiski oma teadustippude juures täheldanud samasugust ühiskonna valupunktide lahendamise kirglikkust – olgu need siis fosforiidisõda, rahumeelse laulva taasiseseisvumise kindlustamine või tänapäeva globaalsete probleemidega tegelemine. Ühiskonna mõistlikuks arenguks tundub hädavajalik piisava arvu erudeeritud teadlaste olemasolu. Ehk peitubki siin Einsteini eeskujud kõige olulisem õppetund?

Einsteini tähtaastaid tähistavatel rahvusvahelistel füüsika (2005) ja valguse (2015) aastatel ilmusid ajakirjas Science temale pühendatud erinumbrid. Ajakirja annab 1894. aastast välja 1848. aastal asutatud Ameerika Teaduse Arendamise Liit (American Association for the Advancement of Science, AAAS), mille 1934. aasta konverentsil Pittsburghis astus Einstein esimest korda pärast Euroopast pagemist Ameerika teadusüldsuse ette. Selles ajakirjas on ilmunud ka Einsteini gravitatsiooniläätse põhimõtet tutvustav artikkel 1936. aasta detsembris. 2005. aasta erinumbrist¹ leiab kirjutised Einsteini suhtumisest ja pärandist kvantteooriasse (autoriks hilisem Nobeli preemia laureaat Anthony Leggett), kahte liiki kvantpõimumisest (Jacob Dunningham jt) ning aja käsitlemise veidratest aspektidest

¹ Science, 11. veebruar 2005: Einstein's Legacy – Challenges in Physics <http://www.sciencemag.org/content/vol307/issue5711/#special-issue>.

kvantmehaanikas (Yakir Aharonov ja M. Suhail Zubairy). Antakse ülevaade Einsteini teooria kontrollimisest punanihete, gravitatsioonilainete ja Lense'i-Thirringi efekti kaudu (Charles Bennett) ning inflatsioonikosmoloogiast ja universumi vaakumienergia määramisest (Alan Guth ja David Kaiser). Värskemast, 2015. aasta erinumbrist² võib leida asjakohase lustaka koomiksi kõrval toimetaja (Adrian Cho) sissejuhatuse ja lood uutest Galileo legendaarse kukutamiskatse versioonidest ning gravilainete püüdmisest laserinterferomeetrilises gravilaine-observatooriumis LIGO (ingl Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory), Linnutee keskel paikneva musta augu kasutamisest tumelaborina (Daniel Clery), ülevaated kosmoloogia tumedast küljest – tumeainest ja tumeenergiast (David Spergel) ning üldrelatiivsusteooria sajast aastast astrofüüsikas ja kosmoloogias (Roger Blandford). Sellest kaalukast loendist on selge, kui laialdaselt on tänapäeval teadusmaailmas kasutusel ja edasi arendamisel Einsteini nooruses välja käidud teooriad. Huvilisele lugejale võiks ingliskeelsest kirjasõnast soovitada Einsteini inimlikku poolt avavat arhiivikatke kogumikku³, mis toob esile geniaalse teadlase sooja ja südamliku sisu, aga ka Jeroen van Dongeni raamatut „Einsteini ühendamine“⁴, mis selgitab muu hulgas füüsikateoreetiku järkjärgulist pettumist eksperimentaatorites kaasaegse andmевõltsija Heinrich Schöni kurikuulsa eelkäija Emil Ruppi pettuste tulemusena. Uudishimulikud tudengid leiavad tänuväärt selgitusi Cambridge'i ülikooli kirjastuse värskest saate- raamatust⁵ Einsteini filosoofiasse. Kõik, kellel huvi aga Einsteini originaaltekstide ja/või nende ingliskeelsete tõlgete vastu, saavad

² Science, 6. märts 2015: General relativity turns 100 <http://www.sciencemag.org/content/347/6226.toc>.

³ Albert Einstein, *The Human Side: Glimpses from His Archives*. Ed. Helen Dukas, Banesh Hoffmann, with a foreword by Ze'ev Rosenkranz. Princeton University Press 2013. ISBN: 9780691160238.

⁴ Einstein's Unification. By Jeroen van Dongen, Cambridge University Press 2010. ISBN: 9780521883467.

⁵ The Cambridge Companion to Einstein. Ed. Michel Janssen, Christoph Lehner. Cambridge University Press 2014. ISBN: 9780521535427.

uurida Einsteinini kogutud teoste üha täienevat digiarhiivi⁶ ja leida sealt samameelsust või eriarvamusi praeguste eestindajatega.

Einsteinist endast on eesti keeles ilmunud hämmastavalt vähe lugemist – seda nii teaduslikus kui ka populaarsemas võtmes. Harry Õiglase tõlgitud Einsteinini kirjatöö „Füüsika evolutsioon“ (koos Poola teoreetiku Leopold Infeldiga) kõrvale (ilmumisaasta 1962, originaal 1938) tekkis Ivar Piiri tõlgitud ja järelsõnaga varustatud Friedrich Hernecki „Albert Einstein“ (1982) ning hulk aega hiljem Marja Liidja eestindatud „Einsteinini ütlemissi“ (2001). Alles Walter Isaacsoni (autor, kellelt pärineb ka trendikas, suurepäraselt kirjutatud hitt „Steve Jobs“) kirjutatud ja Matti Piirimaa vahendatud „Einstein, tema elu ja universum“ on pikem ja sisukam emakeeles kättesaadav Einsteinini biograafia (2009) – aga ka selle esitrükk on nüüdseks raamatupoodidest kadunud.

Seda toredam on Piret Kuuse ja Ivar Piiri initsiatiivil kokku pandud rahvusvahelist füüsika-aastat 2005 tähistanud Akadeemia erinumbri⁷ järel Tallinna Ülikooli Kirjastuse kokku seatud rahvusvahelist valguse aastat 2015 ja üldrelatiivsusteooria 100. sünnipäeva tähistav Albert Einsteinini teoste käesolev tõlkekogumik.

Lugejat võikski ehk lugema saata Albert Einsteinini enda sõnadega detsembrist 1933 oma uutele noortele Princetoni tudengitele: „Mul on hea meel elada teie seas, noored ja õnnelikud inimesed. Kui võiksin vana üliõpilasena öelda teile paar sõna, oleksid need sellised: Ärge kunagi pidage oma õpinguid kohustuseks, vaid pigem kadestusväärseks võimaluseks õppida tundma vaimuvalla ilu vabastavat mõju nii oma isiklikuks rõõmuks kui ka kogukonna, kellele teie hilisem töö kuulub, hüveks.“

⁶ The Digital Einstein Papers, <http://einsteinpapers.press.princeton.edu>.

⁷ Akadeemia 2005, nr 7. <http://www.akad.ee/uus/199ws7-05.php>.

ALBERT EINSTEIN – AASTA 1905 JA 30 AASTAT HILJEM¹

Ivar Piir

Sellel füüsika ajaloo hiilgeaastal, 1905. aasta 14. märtsil, sai Albert Einstein (1879–1955) 26-aastaseks. Töötades Šveitsis Berni patendibüroo tehnilise eksperdina, avaldas ta kolm teedrajavat uurimust. Neist esimeses selgitas ta fotoefekti seaduspärasusi, käsitades valgust osakeste, valguskvantide voona, teises andis füüsikaliselt veenva tõestuse, et aine koosneb korrapäratus soojusliikumises olevatest aatomitest, ja kolmandas sõnastas relatiivsusteooria alused. Tänavu täitub sajand sellest füüsika ajaloo säravaimast aastast ning seda silmas pidades nimetas ÜRO 2005. aasta Euroopa Füüsika Seltsi ettepanekul rahvusvaheliseks füüsika-aastaks.

Viis aastat varem, augustis 1900 oli Einstein lõpetanud Zürichi tehnikaülikooli (Eidgenössische Polytechnische Schule)² ning saanud gümnaasiumi füüsika- ja matemaatikaõpetaja diplomi. Ta oli edukas, kuigi mitte eeskujulik üliõpilane. Tema keskmine hinne kuuepallisüsteemis oli 4,91; diplomitöö eest sai ta hindeks 4,5. Talle ei meeldinud regulaarne loengute külastamine ega korralik konspteerimine. Tema loomusele oli omane sügavalt juurelda mitmesuguste loodusteaduslike probleemide üle ning seetõttu sobis talle enam iseseisev töö kirjandusega. Oma hilisema tunnistuse kohaselt süvenes ta püha innuga tolle aja füüsika suurmeeste Gustav Kirchhoffi, Hermann von Helmholtzi, Ludwig Boltzmanni, Heinrich Hertzi jt töödesse. Juba siis pidas ta oma loodusteaduslikku andekust suuremaks matemaatilisest. Seetõttu köitis teda rohkem töö

¹ Ilmunud: Akadeemia 2005, nr 7, lk 1379–1390; Ivar Piir, „Füüsika ajalugu“, Ilmamaa 2013, lk 391–405, 495–500.

² Praegu Eidgenössische Technische Hochschule.

laboratooriumis, kus ta otsis väsimatult omaenda lähenemisviisi suhteliselt standardsetele praktikumitöödele, vältides etteantud juhendeid. Siin tekkis nähtavasti füüsikaproffessoril Heinrich Friedrich Weberil³ arusaam Einsteinist kui täiesti juhitamatust noorukist. Seetõttu ei võtnud ta ka Einsteini oma kateedrisse, kuigi seal oli vakantne assistendi koht. Pisut hiljem palkas ta sellele kohale hoopis teise eriala inimese.

Nii jäi diplomeeritud füüsika- ja matemaatikaõpetaja Albert Einstein peaaegu kaheks aastaks ilma kindla töökohata. Esialgu elas ta vanemate juures Milanos, kus isal oli tagasihoidlik elektrotehnikavabrik. Algas närvesööv töökoha otsimine. Juhuslike eratundide andmise kõrval leidis ta kaks lühiajalist asendusõpetaja kohta Põhja-Sveitsis Zürichi lähedal.

Oma autobiograafilistes märkmetes (1949) väidab Einstein, et tehnikaülikooli lõpueksamite sooritamine nõudis sellist vaimset pingutust, et tal kadus peaaegu terveks aastaks igasugune huvi teadusprobleemide vastu. Tegelikult oli tal pärast diplomi saamist tööhoog esialgu veel sees ja 13. detsembril 1900 lõpetas ta Zürichis oma esimese teadusliku artikli ning saatis selle Leipzigi ilmuvale mainekale teadusajakirjale *Annalen der Physik*. Muide, selles ajakirjas avaldas Einstein enamiku oma teadusartikleid kuni 1914. aastani, kui ta pärast Preisi TA akadeemikuks valimist asus elama Berliini. Esimene artikkel, „Folgerungen aus den Capillaritäterscheinungen“ („Järeldusi kapillaarnähtustest“), käsitleb pinnakihi termodünaamikat, kusjuures Einstein teeb siin saadud tulemuste tõlgendamisel üsna suvalisi oletusi molekulidevaheliste tõmbejõudude kohta vedelikus.

Märtsis-aprillis 1901 saatis ta selle artikli separaate koos töökohataotlusega õige mitmele juhtivale teadlasele, näiteks Leipzigi füüsikalise keemia koolkonna rajajale ja juhile Wilhelm Ostwaldile

³ Heinrich Friedrich Weber (1843–1912) on füüsika ajaloos vähetuntud nimi, keda ei maksa segi ajada Wilhelm Eduard Weberiga (1804–1891), kelle elektromagnetismi-alaste saavutuste tähistamiseks on magnetvoo mõõtühik nimetatud veeberiks.

ning Leideni madalate temperatuuride laboratooriumi asutajale ja liidriks Heike Kamerlingh-Onnesile. Tolle aasta esimesed kaheksa-üheksa kuud jäidki tal teaduslikus mõttes tühjaks, lisaks rõhus teda püsiva töökoha puudumisest tingitud kindlusetustunne. Siiski oli ka üks positiivne elamus: viimasel õppeaastal Zürichi tehnikaülikoolis, täpsemalt 19. oktoobril 1899, oli ta esitanud taotluse Šveitsi kodakondsuse saamiseks. Juba varem oli ta vanemate igakuisest saja Šveitsi frangi suurusest toetusest hakanud koguma raha soliidsel riigilõivu tasumiseks. Kodakondsus anti talle 21. veebruaril 1901 ja umbes kuu aja pärast sai ta vabastuse sõjaväeteenistusest lampjalguse ning varikoossete veenilaiendite tõttu.

Aasta lõpus tekkis ka väike kindla töökoha lootus. 11. detsembril ilmus ajalehes Bundespost teade, et Bernis asuv Föderaalne Patendibüroo (Eidgenössische Amt für geistigen Eigentum) otsib sobivat kandidaati II klassi tehnilise eksperdi kohale. Kandidaadilt nõuti kõrgharidust tehnilise mehaanika või füüsika alal, ta pidi valdama saksa ja prantsuse keelt, neist üht täiuslikult, soovitavaks peeti ka itaalia keele oskust. Kõigepealt palus Einstein oma head sõpra tehnikaülikooli päevilt Marcel Grossmanni (1878–1936), et tolle isa, Berni edukas ettevõtja, soovitaks teda oma heale tuttavale, patendibüroo direktorile Friedrich Hallerile. 18. detsembril esitas ta avalduse vakantse töökoha saamiseks. Sellest avaldusest selgub, et 1901. aasta sügisel oli ta kirjutanud doktoritöö gaaside kineetilise teooriast ja esitanud selle novembri keskel Zürichi ülikooli filosoofia teaduskonna II osakonnale. Doktorikraad jäi seekord siiski saamata. On avaldatud arvamust, et mängus võis olla H. Weberi käsi.

21. veebruaril 1902 asus Einstein elama Berni. Aprilli lõpus saatis ta teele oma teise artikli, mis oli esimese jätkuks ja üldistuseks ning käsitles elektrolüütide termodünaamikat. Siin esitab ta ka elektrilise meetodi molekulidevaheliste jõudude uurimiseks.

Kohe pärast Berni jõudmist oli ta avaldanud kohalikus ajalehes teate, et annab eratunde matemaatikas ja füüsikas. Teatele reageeris Berni ülikoolis filosoofiat õppiv rumeenlane Maurice Solovine (1875–1958), kes soovis täiendada oma teadmisi täppisteadustes.

Õppuri-õpetaja vahetõrje arenes kiiresti sõpruseks ja tunniandmine asendus tõsiste diskussioonidega, eelkõige tunnetusteoreetilistes küsimustes. Nendega liitus Einsteiniga samal ajal mõnda aega tehnikaülikoolis matemaatikat õppinud Conrad Habicht (1876–1958). Nii tekkis väike sõpruskond, mida nad ise kutsusid kas Berni Akadeemiaks või Akadeemia Olümpiaks. Koos töötati läbi aukartust äratav kogus filosoofiaalast kirjandust: Karl Pearsoni, Ernst Machi, John Milli, David Hume'i, Hermann v. Helmholtzi, Bernhard Riemanni, Richard Avenariuse, Henri Poincaré jt töid. Berni Akadeemia lõpetas tegevuse 1905. aasta sügisel, kui Habicht ja Solovine Bernist lahkusid.

Berni patendibüroosse võeti Albert Einstein tööle 16. juunil 1902, esialgu küll III klassi eksperdina ja sedagi katseajaga, mis kestis kuni 16. septembrini 1903. Aastapalk 3500 Švesitsi franki tundus seni väga tagasihoidlikult elanud Einsteinile lausa külluslik. Patendibüroo oli asutatud 1888. aastal ja seal töötas tol ajal 23 ametnikku, nendest 13 eksperti. Töö nõudis kaheksatunnist kohalolekut kirjutuspuldi taga ja esimene aasta kulus peaaegu täielikult sisseelamisele. Edaspidi jäi tal siiski üsna palju aega ka oma uurimistööga tegelemiseks. Teaduslikke publikatsioone peeti büroos tunnustuseks töötajale.

Berni tuleku järel võttis Einstein käsile termodünaamika ja statistilise füüsika vahetõrje üldised probleemid. Valmis kolm artiklit: 26. juulil 1902, 26. jaanuaril 1903 ja 27. märtsil 1904. Neist esimese algvariandiks oli nähtavasti eelmisel aastal Zürichi ülikooli esitatud doktoritöö. Nendes artiklites avastab ta mõnevõrra üldisemal kujul uuesti kõik statistilise mehaanika põhitulemused. Siiski jäi tema käsitus vähem üldiseks kui USA füüsikul Josiah Willard Gibbsil (1839–1903), kes esitas selle oma raamatus „Elementary principles of statistical mechanics“ (1902). Nagu hiljem selgus, on seal kirjeldatav statistiline meetod rakendatav hoolimata sellest, kas osakesed alluvad klassikalisele või kvantmehaanikale. Hiljem, 1910. aastal, kinnitas Einstein, et kui ta oleks tol ajal tundnud Gibbsi tööd, poleks ta oma artikleid üldse kirjutanud või oleks piirdunud ainult üksikute konkreetsete probleemidega.