

Edvards Vitens Piedzīvojumi fizikā un matemātikā

Foto: Dreamstime

Aizvadītā gada rudenī, RTU 154. jubilejas pasākumu ietvaros, Rīgā viesojās izcilais amerikāņu fiziķis teorētiķis **Edvards Vitens**, kuram svinīgā ceremonijā Latvijas Nacionālajā bibliotēkā tika pasniegta Pasaules Kultūras padomes Alberta Einšteina Pasauls balva zinātnē par cilvēcei nozīmīgiem sasniegumiem zinātnē un tehnoloģiju attīstībā. Ar profesora laipnu atļauju turpinām publicēt viņa akadēmisko lekciju “Piedzīvojumi fizikā un matemātikā” (2014).*

Tikai pamazām es sāku aptvert ieguvumus no tā, ko biju mācījies no matemātiķiem. Iesākumā tie šķita izņēmuma gadījumi. Pastāstīšu par vienu no tiem. 1980. gadā es kļuva par pasniedzēju Prinstonas Universitātē, un drīz mani ieinteresēja supersimetrisko lauku teorijas, kam, kā likās, piemita potenciāls risināt dažas problēmas, ko elementārdaļiņu Standartmodelis bija atstājis neatrisinātas. Es tiecos izprast vakuuma dabu šajās teorijās. Uzvedība, ko atklāju, bija vienkāršāka, nekā to izskaidroja fiziķu standarta idejas. Cenšoties nonākt līdz lietu būtībai, apsveru vienkāršākus un vienkāršākus modeļus, un katrs no tiem šķita saturam vienu un to pašu miklu. Ilgi domāju, līdz beidzot atcerējos – manuprāt, tas notika, peldoties baseinā Aspenā, Kolorādo, 1981. gada vasarā, – Raula Bota (*Raoul Bott*) lekciju, ko biju klausījies pirms diviem gadiem. Vasaras skolā Francijai piederošajā Korsikas salā Bots grupai fiziķu sniedza ieskatu matemātikas tēmā, kas pazīstama kā Morsa teorija. Bota paša darbā Morsa teorijai bija fundamentāla loma, bet esmu pārliecināts, ka vairums fiziķu, šīs vasaras skolas dalībnieku, gluži tāpat kā es, nekad iepriekš nebija par to dzirdējuši un viņiem nebija ne jausmas, kāds labums no šīs tēmas varētu būt fizikai. Un arī vēlāk neko nedzirdēju par Morsa teoriju līdz tai dienai 1981. gadā, kad, pūlēdamies atminēties Bota stāstīto, atskārtu, ka tā paver ceļu uz mani interesējošās problēmas risinājumu.

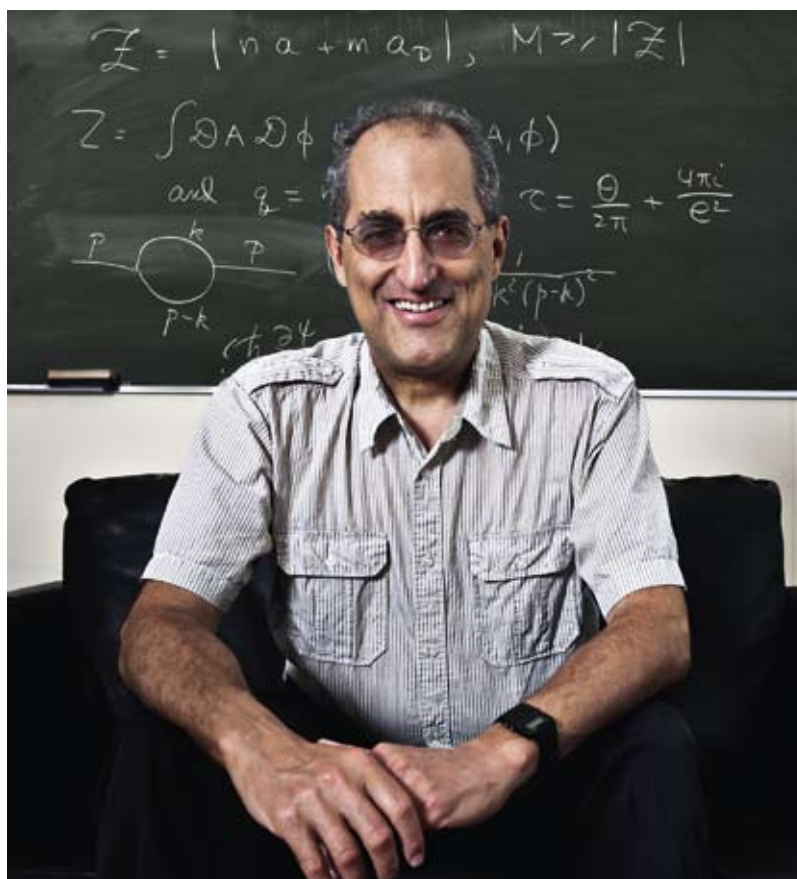
Uz šo jautājumu var paraudzīties arī citādi, proti, kvantu fiziķu pamatriķus iespējams izmantot, lai gūtu jaunu izpratni par Morsa teoriju. Mans raksts, kas apvieno abus skatījumus, saucas “Supersimetrija un Morsa teorija”. Mana sākotnējā motivācija bija izprast supersimetriju, taču, iespējams, rakstam bija lielāka nozīme tā ietekmes uz Morsa teoriju dēļ. Tas laikam ir pirmais no maniem darbiem, kas kļuva ļoti pazīstams matemātiķu aprindās – vai vismaz tas ir pazīstamāks par citiem maniem šī perioda darbiem. Lūk, tipisks piemērs tam, kā mans tā laika – pirms aptuveni trīsdesmit un mazliet vairāk gadiem – darbs saistījās ar matemātiku. Es centos atbildēt uz fizikas jautājumiem; iespējamā matemātiskā interese bija sekundāra. Ja atbilde uz fizikas jautājumu palīdzēja risināt matemātisku problēmu, tas šķita pārsteidzoši – sākotnēji likās, ka tas ir izņēmums, nevis likumsakarība. Vajadzēja paiet ilgākam laikam, lai atklātos šo gadījumu sistēmiskais raksturs.

* Sākumu sk. E&P Nr. 6 (101), 2016.

Edward Witten “Adventures in physics and math”, The 2014 Kyoto Prize Commemorative Lecture in Basic Sciences. Tulkojusi A. Šuvaļeva; zinātniskais redaktors prof. A. Ozols.

Šim notikumam ir arī cilvēciskā puse, ko gribu pieminēt. Marstons Morss (*Marston Morse*), Morsa teorijas pamatlicējs divdesmitajos un trīsdesmitajos gados, no 1935. gada bija profesors Prinstonas Progresīvās pētniecības institūtā (*Institute for Advanced Study*), kas ir arī mana darba vieta. Viņš nomira sirmā vecumā 1977. gadā, un es nekad neesmu viņu saticis. Tikmēr viņa atraitne Luīze Morsa (*Louise Morse*) ir pārsniegusi simtgades sliekšni. Viņu iepazīnu pēc tam, kad uzrakstīju darbu par Morsa teoriju. Vēl gluži nesēn viņa rīkoja lieliskas pieņemšanas matemātiķiem Prinstonā.

Pirms stāstu tālāk par sava darba saistību ar matemātiku, gribu pieminēt vēl kādu faktoru, kam bija svarīga ietekme uz maniem pētījumiem fizikā. Tā ir stīgu teorija. Standartmodelis apraksta dabā esošās mijiedarbības, kas ir nozīmīgas elementārdaļiņām, – fizikā tās dēvē par stipro, vājo un elektromagnētisko mijiedarbību. Tas neietver gravitāciju. Gravitācija ir nozīmīga zvaigznēm, galaktikām un Visumam kopumā, bet tās ietekme uz atsevišķu atomu vai elementārdaļiņu ir neizmērojami niecīga. Labāko mūsu rīcībā esošo gravitācijas aprakstu sniedz Alberta Einšteina vispārīgā relativitātes teorija. Saskaņā ar šo teoriju, Einšteina izcilāko veikumu, gravitāciju izraisa laiktelpas izliekums. Savu gravitācijas teoriju Einšteins attīstīja faktiski pirms kvantu mehānikas rašanās tās mūsdienu formā. Viņa teorija ir



Edvards Vitens 2009. gadā.

Avots: CERN

ta, ko mēs saucam par klasisku jeb “pirms kvantu mehānikas” teoriju. Modernizēt Einšteina gravitācijas teoriju, ņemot vērā kvantu mehāniku, ir fiziķu sapnis kopš pagājušā gadsimta trīsdesmitajiem gadiem. Tomēr tas ir skarbs izaicinājums: tiešu eksperimentālu liecību ir maz vai to nav vispār, zināms vien kailais fakts, ka abas teorijas – vispārīgā relativitātes teorija un kvantu mehānikas teorija – pastāv un ir nozīmīga dabas apraksta sastāvdaļa. Gan tolaik, gan, manā ieskatā, līdz pat šodienai tieši *uzbrukumi* problēmai nav devuši vēlamo rezultātu. Te mēs faktiski redzam to, ko skaidroju iepriekš: pētniekam ir jābūt pragmatiskam. Viņam nedrīkst būt pārāk daudz pieņēmumu attiecībā uz to, ko viņš tiecas sasniegt. Varbūt vienkārši nav pienācis īstais brīdis problēmas atrisinājumam. Iespējams, vispirms ir jābūt virzībai kādā citā jomā un risinājums nāks no kādas negaidītas puses. Kvantu gravitācijas gadījumā šāds negaidīts pavērsiens bija stīgu teorija. Fiziķi, kuri lika pamatus stīgu teorijai pagājušā gadsimta sešdesmito gadu nogalē un septiņdesmito gadu sākumā, nedomāja par kvantu gravitāciju. Viņi centās izprast spēku, kas satur kopā atoma kodolu. Šo fiziķu attīstītā teorija bija neiedomājami bagātīga. Kā stipro mijiedarbību teorija tā gan nebija pilnībā korekta un pēc Standartmodeļa izveides tika piemirsta. Tomēr septiņdesmitajos gados daži fiziķi – viņu vidū Džoels Šerks (*Joel Scherk*), Deivids Olaivs (*David Olive*), Džons Švarcs (*John Schwarz*) un Tamiaki Joneja (*Tamiaki Yoneya*) – atskārta, ka stīgu teorija varētu sniegt risinājumu kvantu gravitācijas jomā. Stīgu teorijas pamatideja, vienkāršiem vārdiem runājot, ir šāda: elementārdaļiņa ir nevis punkts, bet vibrējošas stīgas cilpiņa.

Kā šī vienkāršā ideja noved pie dziļas teorijas? Manuprāt, visvieglāk to saprast, iztēlojoties skaistu mūziku. Dažnedažādās stīgu vibrācijas rada mūzikas krāšņumu un – (ja stīgu teorija ir korekta) elementārdaļiņu vienotību. Pagājušā gadsimta astoņdesmito gadu sākumā Džons Švarcs attīstīja šo ideju kopā ar Maiklu Grīnu (un reizēm ar Larsu Brinku), un viņi nonāca pie ļoti interesantām atziņām. Es iepazīnos ar viņu darbu – tas mani fascinēja. Nesteidzos viņiem piebiedroties pa daļai tāpēc, ka domāju – pat ja šī teorija ir pareiza, tās izprašana būs ārkārtīgi ilgstoša (joprojām uzskatu, ka šis arguments ir pārliecinošākais no visiem, ko minējuši daži prominenti fiziķi – stīgu teorijas kritiķi). Un tomēr – šis darbs mani aizrāva, piemēram, 1982. gada vasaru es lielākoties pavadīju, studējot Švarca pārskatu. Taču 1982.–1983. gadā mani interesēja ne tikai stīgu teorijas analīze, bet arī citas ar to saistītas lietas. Grīna un Švarca veikumam piemita potenciāls apvienot vispārīgo relativitātes teoriju un kvantu mehāniku, kā arī savienot gravitāciju ar visiem Standartmodelī iekļautajiem spēkiem. Tikmēr es atskārtu problēmu – viņu būvētajai teorijai varēja rasties grūtības sakarā ar elementārdaļiņu īpatnējo “hiralitāti” jeb īpašību asimetriju, rotējot pa labi un pa kreisi. Tehniski, tas bija tā dēvēto “anomāliju” (lieku matemātisku locekļu stīgu teorijā) dēļ. Lai teorija strādātu, tām bija savstarpēji jādzēšas. Es analizēju šo jautājumu rakstā “Gravitācijas anomālijas”, ko veidoju kopā ar Luisu Alvaresu-Gomē (*Luis Alvarez-Gaumé*). Mēs nespējām atrisināt problēmu, taču atklājām saistītu parādību – tehniski pazīstamu kā anomāliju dzēšanas IIB tipa nesuperstīgu teorijā. Neiedziļinoties detaļās, gribu sacīt, ka vēl pirms centieniem izmantot stīgu teoriju teorijas par dabu radīšanai, tuvāk ieskatoties,

redzams, ka stīgu teorijas iekšējo konsekvenci nosaka daudzas šķie-tami brīnumainas detaļas, kas lie-gi savietojas kopā. Šī iekšējā kon-sekvence ir patiešām ievērojama un ļauj noticēt, ka stīgu teorija ir uztverama nopietni. Atklājot anomālīju savstarpējo dzēšanos IIB tipa superstīgu teorijā, mēs abi, Al-varess-Gomē un es, devām savu ieguldījumu stīgu teorijas attīstībā. Tomēr elementārdaļiņu hirālītātes problēma saglabājās. Kādu dienu 1984. gada vasarā es uzzināju, ka Grīns un Švarcs ir atklājuši jaunu veidu, kā dzēst anomālījas. Mani šī ziņa *elektrizēja*. Jau vairākus gadus man bija skaidrs, ka anomālīju problēma ir galvenais šķērslis, kas kavē no stīgu teorijas atvasinātās fizikas teorijas padarīt krietni reālistiskākas. Tagad kļuva acīm redzams, ka ir pavērusās jaunas iespējas, un nākamo mēnešu darbs to arī pierādīja. Gandrīz nekavējoties es uzrakstīju īsu rakstiņu “O(32) superstīgu īpašības”, kurā izskaidroju dažus būtiskākos argumentus par labu tam, kāpēc jaunais anomālīju savstarpējās dzēšanās mehānisms padara stīgu teoriju potenciāli reālistiskāku. Vēl pēc dažiem mēnešiem kopdarbā ar Filu Kandelasu (*Philip Candelas*), Geriju Horovicu (*Gary Horowitz*) un Endrju Stromindžeru (*Andrew E. Strominger*) tapa nozīmīgāks raksts “Va-kuuma konfigurācijas superstīgām”. Šis raksts bija interesants fiziķiem, jo mēs parādījām, kā diezgan elegantā veidā iegūt no stīgu teorijas pusreālistiskus apvienotus fizikas modeļus. Tas arī ietekmēja attiecības starp fizi-ku un matemātiku, jo mūsu konstrukcija būtiskā veidā izmantoja diezgan modernas diferenciālģeometrijas idejas. Faktiski, nopietni uzlūkojot stīgu teoriju, ātri atklājās visvisādi iemesli, kāpēc fiziķiem vajadzētu pievērst uzmanību iepriekš nepazīstamām tēmām modernajā matemātikā. Piemēram, pašos pamatos stīga, kustoties laiktelpā, veido virsmu ar, kā to dēvē matemātiķi, Rīmaņa virsmas īpašībām. Rīmaņa virsmas ir nozīmīga tēma pagājušā gadsimta matemātikā, bet fiziķiem tā tapa svarīga pirmām kārtām saistībā ar stīgu teoriju. No mana skatpunkta, šī pētniecība krietni stiprināja fizikas mijiedarbību ar vairāk vai mazāk moder-no matemātiku. Iespējas pielietot fizikā bāzētas idejas “tīri matemātisku” problēmu risināšanā vairs nešķīta izņēmumi.



Spāņu fiziķis teorētiķis Luiss Alvaress-Gomē 2016. gadā.

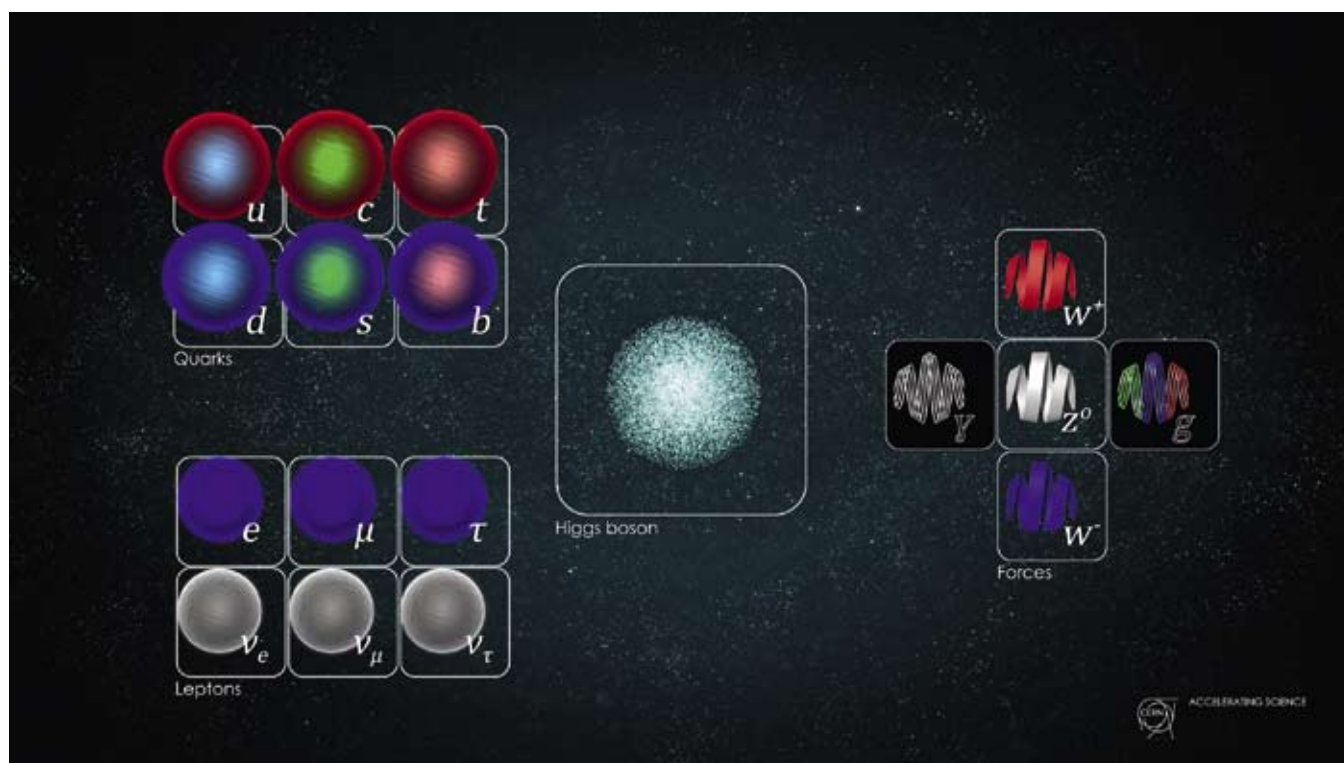
Avots: CERN



Matemātiķis Vons Džonss Jaunzēlandē 2010. gadā.

Avots: Wikimedia Commons

Manis paša zinātniskajā darbībā laikposmā pēc 1984. gada pieminēšanas vērts ir darbs pie topoloģiskās kvantu lauku teorijas. Daļēji to rosināja matemātiķa Maikla Atijas norādes uz matemātikas problēmām, kas, viņaprāt, būtu labāk izprotamas, liekot lietā fizikas skatījumu, bet pamudinājums nāca arī no pašas fizikas attīstības. Man šīs problēmas nešķīstu nopietnas apceres vērtas, ja stīgu teorija nebūtu paplašinājusi mūsu apvārsni fizikas un matemātikas attiecību jomā. Tā vai citādi, es centos parādīt, ka “tīri matemātiskas” problēmas ir risināmas ar fizikas metodēm. Pastāstīšu par vienu no šīm problēmām – tā saistījās ar mezglēm parastā trīsdimensionālā telpā. Samezģlojušos stīgu mēs pazīstam no ikdienas, taču plašāka publika, iespējams, nezina, ka 20. gadsimta sākumā matemātiķi at-tīstīja visnotaļ komplicētu mezglu teoriju. 1987.–1988. gadā, kad pievērsos šai tēmai, pastāvēja kāda problēma, kuras nozīmi man palīdzēja apjaust Maikls Atija. Matemātiķis Vons Džonss (*Vaughn Jones*) bija atklājis



Standartmodelis: patlaban zināmo “vielās komplektu” veido 6 kvarki (augšas kvarks, apakšas kvarks, šarmantais kvarks, divainais kvarks, virsošnes kvarks, pamata kvarks), 6 leptoni (elektrons, elektrona neitrīno, mions, miona neitrīno, tau daļiņa, tau neitrīno), 4 spēka nesēja daļiņas (gluons, fotons, Z bozons, W bozons) un Hīgsa bozons, kā arī 13 atbilstošās antidaļiņas (fotons, gluons, Z bozons un Hīgsa bozons ir antidaļiņas paši sev).

Avots: CERN

brīnišķīgu jaunu veidu mezglu pētniecībā – par to viņš vēlāk tika godalgots ar Fildsa medaļu. Vons Džonss pierādīja, ka viņa formulas strādā, bet *kāpēc* tās strādā – tas palika noslēpums. Cilvēkam, kurš pats nav matemātiķis vai zinātnieks, varētu būt grūti novērtēt atšķirību starp to, ko nozīmē saprast, *kas* ir paties, un to, ko nozīmē saprast, *kāpēc* tas ir paties. Šī atšķirība ir nozīmīga daļa no fizikas un matemātikas – un droši vien visas zinātnes – valdzinājuma. Tomēr es teiktu, ka atšķirību starp *kas* un *kāpēc* nosaka sapratnes dziļums noteiktā laika posmā. Vienu paaudzi var apmierināt sapratne par to, *kāpēc* kaut *kas* ir paties, bet nākamā paudze var mēģināt lūkoties dziļāk. Atgriezoties pie mezglu teorijas, gribu sacīt, ka man izdevās gūt jaunu skaidrojumu Vona Džonsa formulām, iztēlojoties mezglu kā trajektoriju, pa kuru elementārdaļiņa virzās trīsdimensionālā laiktelpā. Manā darbā bija dažas savdabīgas nianšes, bet tika izmantotas arī fiziķu standarta idejas. Novitāte bija centieni piemērot fizikas metodes problēmai, ko fiziķi nebija raduši apcerēt. Šis darbs kļuva par vienu no maniem pazīstamākajiem veiktumiem gan fiziķu, gan matemātiķu aprindās. Vienlaikus tas lieliski parāda, ka, lai cik liela būtu mūsu gudrība, panākumi ir atkarīgi no mūsu priekšgājēju sasniegumiem un laikabiedru ieguldījuma. Manas iespējas paveikt šo darbu lielā mērā noteica svarīgi vadmotīvi citu zinātnieku darbos. Ne reizi vien es tos uzgāju, pateicoties koleģiem, kuri man ieteica izlasīt to vai citu rakstu, un viņu pētniecības darbam, kas tika veikts turpat netālu – Prinštonas Progresīvās pētniecības institūtā. Palīdzēja arī atziņas, kuras vēl Hārvardas laikos biju guvis no Sidnija Kolmena un kas savukārt izrietēja no Alberta Švarca mācības.

Te esmu raksturojis vien mazu daļu no sava darba matemātikā un fizikā līdz 1990. gadam, tomēr, manuprāt, tā ir gana ilustratīva. Tas patiesi bija laiks, kad es veidojos kā zinātnieks. Tolaik man jau bija neliela pieredze pētniecībā un daudzos jautājumos mani uzskati bija diezgan tuvi tagadējiem. Nemēģināšu sniegt vispārēju pārskatu par to dienu norisēm – tas būtu pārāk laikietilpīgi, turklāt mūsu rīcībā nav gana dziļa nesenās attīstības rezultātu vērtējuma. Tomēr es vēlētos dažos vārdos raksturot savu darbu 1994.–1995. gadā, jo šo periodu uzskatu par produktīvāko manā zinātnieka mūžā. Jau divas desmitgades es biju pētījis kvantu lauku teorijas, bet šis darbs saistījās ar zināmu *personības dalīšanos*. Karjeras sākumā es nodarbojos ar konvencionālām elementārdaļiņu fizikas problēmām, ko Standartmodeli mēs interpretējam kvantu lauku teorijas jēdzienos četrdimensionālā laiktelpā. Kopš 80. gadu nogales, kad strādāju, cita starpā, pie mezglu teorijas problēmām, es pamatā pētīju kaut ko līdzīgu lauku teorijām, tikai ar citiem mērķiem. Mans pārējais darbs bija veltīts stīgu teorijai un pārsvarā saistījās ar gluži atšķirīgām un diezgan specifiskām kvantu lauku teorijām, divās dimensijās. Šāda interešu dalīšanās divās atšķirīgās dažāda veida kvantu lauku teoriju jomās, bieži vien pētniecībā izmantojot gluži atšķirīgas metodes, lika justies savādi. 1994.–1995. gadā pavērs plašāka perspektīva, kurā sava loma bija visām kvantu lauku teorijām visās dimensijās. Daudzi fiziķi deva savu ieguldījumu šajā procesā. Mans devums pamatā bija divējāds. 1994. gadā kopā ar Nātanu Zeibergu (*Nathan Seiberg*) es attīstīju to, ko gan matemātiķi, gan fiziķi dēvē par Zeiberga-Vitena teoriju, lai gan vieni un otri ar to saprot diezgan atšķirīgas lietas. Šo aspektu gribu paskaidrot sīkāk, jo tas atspoguļo to uzskatu dažādību, kas mūsdienās joprojām pastāv fiziķu un matemātiķu aprindās. Fiziķiem

Zeiberģa-Vitena teorija iemiesoja jauno izpratni par to, kā noteiktas kvantu teorijas uzvedas, kad kvantu efekti ir lieli. Pētniecības darbā ir ļoti svarīgi atrast problēmu, kas būtu pietiekami vienkārša, lai pētniekam pavērtos izredzes to atrisināt, un vienlaikus gana interesanta, lai tās atrisināšana būtu puļu vērtā. Mēs abi, Zeiberģs un es, to panācām, strādājot pie kvantu lauku teorijām, kas bija pietiekami vienkāršas, lai mēs tās spētu risināt, un arī gana komplicētas, lai risinājumi mums sniegtu derīgas mācības. Cita starpā Zeiberģa-Vitena teorija mani pamudināja beidzot veikt nelielu ieguldījumu kvarku konfainmenta parādības izpratnē, par ko saņņoju jau doktorantūras studiju laikā.



RTU rektors akadēmiķis Leonīds Ribickis pasniedz Alberta Einšteina Pasaules balvu zinātnē profesoram Edvardam Vitenam no Progresīvās pētniecības institūta Prinstonā, ASV.

Avots: RTU

Ir ļoti pamācoši atskatīties pagātnē un atskārst, cik nereāls šāds veikums būtu bijis manās studenta dienās, kad pirmoreiz saskāros ar šo problēmu. Kā jau sacīju, pētniecības darbā ir svarīgi, lai zinātniekam nebūtu pārāk daudz iepriekšēju pieņņmumu par potenciālo veikumu noteiktā laika posmā. Manam un Zeiberģa kopdarbam bija arī matemātiskas konsekvences attiecībā uz četrdimensionālu telpu analīzi. Šīs konsekvences ir tas, ko matemātiķi parasti saprot ar Zeiberģa-Vitena teoriju. Lūk, savdabīga ilustrācija faktam, ka, lai gan manas zinātniskās darbības laikā matemātika un fizika ir krietni satuvinājušās, tomēr dažā ziņā tās ir palikušas savrupas. Atšķiras gan abu disciplīnu mērķi, gan instrumenti, ko tās var paļāvīgi izmantot. Matemātiķi, liekot lietā Zeiberģa-Vitena vienādojumus (līdz ar citiem rīkiem), ir veikuši brīnišķīgus atklājumus ģeometrijā, bet parasti bez lielām atsaucēm uz Zeiberģa-Vitena teorijas kvantu pusi.

Nākamajā gadā, pamatojoties uz gūto pieredzi Zeiberģa-Vitena teorijas un arī citās pētniecības jomās, es piedāvāju līdzīgu pieeju stīgu teorijai attiecībā uz stipro saistību, kad parastās aprēķina metodes nav piemērojamas. Šajā darbā es balstījos uz vairāku kolēģu veikumu, ko arī paplašināju. Nebūtu lietderīgi te skaidrot visas ierosmes, tomēr gribu pieminēt, ka ikgadējā stīgu teorijai veltītā konferencē, kas 1993. gadā notika Bērklījā, Džons Švarcs aizrautīgi stāstīja par savu kopdarbu ar Ašoku Senu (*Ashoke Sen*); vēlāk apstiprinājās, ka viņi ir uz pareizā ceļa. Nekad agrāk nebiju redzējis Džonu tik satrauktu – ja nu vienīgi 1984. gada sākumā, dažus mēnešus pirms tam, kad viņi abi ar Maiklu Grīnu veica gadsimta atklājumu par anomāliju dzēšanasos. Tā nu es uzmanīgi klausījos, un šis bija viens no tiem pavedieniem, kas mani veda pareizajā virzienā. Tā pamazām veidojās priekšstats, ka visas stīgu teorijas to tradicionālā izpratnē ir vienas pilnīgākas teorijas (tagad to sauc par M teoriju) atsevišķi limitēti gadījumi. M teorija tiek uzlūkota kā kandidāte uz dabas likumu visapvienošanu. Tradicionālās stīgu teorijas ir plašākas realitātes alternatīvi apraksti; katra no tām atspoguļo savu daļu no viena lielā stāsta. Visas kvantu lauku teorijas visās dimensijās ir daļa no šī stāsta. Man bieži ticis vaicāts, kāpēc es izmantoju nosaukumu “M teorija”. Sakotnēji tas bija pagaidu apzīmējums – līdz veidosies labāka teorijas izpratne. Daži kolēģi uzskatīja, ka “M teorija” jāsaprot kā membrānu teorija. Es gan šaubījos, tomēr nolēmu paturēt burtu M no vārda “membrāna” un nosaukumu “M teorija”. Spriedu, ka laiks rādīs, vai M apzīmē maģiju (brīnumu), mistēriju (noslēpumu) vai membrānu. Vēlāk membrānas tika interpretētas kā matricas. Nejaūsi sagadījies, ka arī vārds “matrica” sākas ar burtu M, tā nu šobrīd es varētu sacīt, ka M apzīmē maģiju (brīnumu), mistēriju (noslēpumu) un matricu.

Noslēgumā vēl gribu teikt dažus vārdus par sava darba nozīmi. Jāatzīst, ka man ir vieglāk runāt par tā matemātisko pusi. Kvantu lauku teorija un stīgu teorija satur daudzus matemātiskus noslēpumus. Ticu, ka tiem vēl ilgi būs nozīmīga loma matemātikā. Dažādu tehnisku iemeslu dēļ tos ir grūti izteikt matemātikas valodā, tāpēc līdz brīdim, kad matemātika spēš pārvarēt tehniskās grūtības un tvert kvantu laukus un stīgas pašus par sevi (nevis tikai līdz ar to iesaistīšanu labāk attīstītās matemātikas jomās), fiziķi turpinās pārsteigt matemātikas pasauli ar interesantām, pārsteidzošām atskārsēm. Man ir laimējies būt istajā vietā istajā brīdī, lai dotu savu ieguldījumu šajā darbā. Runājot par fiziku, man nav skaidras atbildes, tomēr ne viens vien iemesls mudina domāt, ka stīgu teorija un tās pilnveide M teorijā ir tuvāk patiesībai par dabu nekā mūsu tagadējās teorijas. Stīgu/M teorija ir pārāk bagātīga un iekšēji konsekventa, lai tās pastāvēšana būtu tīra nejaušība. Otrs spēcīgs arguments ir elegance, ar kādu no stīgu/M teorijas var tikt atvasinātas apvienotās gravitācijas un daļiņu spēku teorijas. Turklāt, ja stīgu teorijas kritiķiem parādās kāda interesanta ideja, tai ir tendence tikt absorbētai šajā teorijā. Visbeidzot, stīgu/M teorija ir vairākkārt pierādījusi savu vērtību, sekmējot jaunu izpratni par tradicionālajām fizikas teorijām un tādējādi ģenerējot jaunas matemātiskas idejas. Tam visam piemīt patiesa jēga vien tad, ja teorija ir uz pareizā ceļa. **E&P**