
LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA



FIZIKU ŽINIOS

Nr. 29



2005

PASAULINIAI FIZIKOS METAI LIETUVOJE

Zenonas Rokus **RUDZIKAS**

Lietuvos fizikų draugijos prezidentas

PASAULINIAI FIZIKOS METAI ŽYGIUOJA PER ŽEMYNUS

2005-tieji – Pasauliniai fizikos metai (PFM) artėja į pabaigą. Jie taip buvo pavadinti Europos fizikų draugijos (EFD) iniciatyva, pritarus Tarptautinei fundamentinės ir taikomosios fizikos sajungai, UNESCO paskelbė 2005-uosius metus *Pasauliniais fizikos metais*. Po to buvo kreiptasi į Jungtines Tautas (JT), kad jos savo vardu paskelbtų PFM. Jos parémė fizikų iniciatyvą, tačiau laikydamosi savo taisyklėmis paskelbė 2005-uosius *Tarptautiniais fizikos metais*. Taip ir keliauja abu pavadinimai po pasauļi. JT nutarimai iparcigoja nacionalinius parlamentus ir vyriausybes skirti deramą dėmesį ir paramą, iškaitant finansinę, tiems metams pažymėti.

Daugeliui valstybių taip ir daro. Pavyzdžiu, Ispanijoje į PFM atidarymo iškilmes atvyko Ispanijos karalius. Kai kuriose valstybėse tokio pobūdžio priemonės vyksta parlamentų rūmuose, kitur dalyvauja prezidentai ar premjerai. Lietuvoje to dar nebuvo, bet tikimės bent PFM uždarymo iškilmėse dalyvaus žymieji Lietuvos politikai.

Kokie girienginiai žymėjo PFM Lietuvoje? Juos iš esmės rengia Lietuvos fizikų draugija ir pavieniai aktyvės fizikai. Tam įvykiui buvo skirta mūsų 36-oji Nacionalinė fizikos konferencija, „Fizikų žinios“ išleido žurnalo priedą – žymiu Lietuvos fizikų portretais papuošta kalendoriu, spausdinami populiarūs straipsniai apie A. Einšteino atradimus ir jų istoriją, fizikiniai leidiniai pažymimi specialiuoju PFM logotipu – stilizuotu smėlio laikrodžiu. Pastarojo autorinės teisės priklauso EFD, bet ji leido vienos nacionalinėms fizikų draugijoms

ir kitoms organizacijoms, pavieniaiems asmenims juo neribotai naudotis.

Svarbus renginys, kuriamė daug vietos buvo skirti fizikai – mokslo festivalis „Erdvėlavis–Žemė“. Jis rugpjūčio 9–15 d. vyko Vilniuje, o rugpjūčio 16–22 d. Kaune. Renginyje dalyvavo ir jaunieji fizikai, rėmėjai buvo daugelis valstybinių ir privačių institucijų, tačiau *spiritus movens* buvo žinomas TV mokslo laidų rengėjas ir mokslo popularintojas Rolandas Maskoliūnas.

Greta įdomių paskaitų įvairiais aktualiais klausimais pažymėsime demonstracinius eksperimentus Vilniaus Vinco Kudirkos (buvusi Savivaldybės) aikštėje ir panasų renginį Kaune, taip pat sambūrį „Europos tyrejų naftykje“, kurios epicentras buvo Moličių observatorijoje.

Metai dar nesibaigė, tad renginių turėtų būti daugiau. Kartu pabrėžime, kad fizikos mokslo populiarinimas, Viskatos sandaros, jos savybių ir raidos aiškinimai visuomenei turi būti nuolatinis, neapsiribotan specialiomis datomis ar išykiai.

Šventės šventėmis, tačiau pakalbėkime ir apie kasdienius rūpesčius, juoba, kad padėtis tuo požiūriu Lietuvos sudėtinga. Vyksa nenutrūksta aukštojo mokslo ir mokslo reforma, nors dalis politikų, valdininkų ir net mokslininkų kartoja, kad ji nevyks arba yra per lėta.

Baigiamas formuoti 2006 m. šalias biudžetas. Deja, esminio mokslo ir studijų finansavimo pagerėjimo nematyt, nepaisant visų Briuselio raginių vykdyti Lisabonos strategiją, kurios mokslo finansavimo skaitinė iš-

raiška – 1% biudžeto ir 2% verslo lėšų.

Tačiau yra ir pragiedruliai fizikų perdangėje. Baigiami derinti formalumai, įteisinantys Lietuvos fizikų dalyvavimą CERN programose. Jau kelios Lietuvos fizikų ir inžinerių grupės jungiasi į Tarptautinio valdomos termobranduolinės sintezės reaktoriaus (ITER) darbų programą. Nemažai Lietuvos fizikų dalyvauja naujų informacinių technologijų išsavinimo programose (projektai *Baltic Grid* ir *Lightgrid*). 2006 m. valstybės investicijų programe numatytu 2,3 mln. litų superkompiuteriui išsigiti.

Lietuvos Vyriausybė rengiasi tvirtinti 2007–2013 m. prioritetines programas ir struktūrinų fondų paskirstymą. Didelę jų dalį numatoma skirti universitetų ir mokslo institutų infrastruktūrai atnaujinti, moderniai išrangai išsigityti, taip būtų sudarytos realios sąlygos ateityje lygiaverčiai varžytis dėl ES finansavimo mokslui. Ar pavyks akademincii bendruomenci įtikinti politikus, kad tik tokiu būdu Lietuva galės sėkmingesni kurti ir plėtoti mokslo žinioms imilių aukštų technologijų pramonę?

Gruodžio 2–16 d. parodų rūmuose LITEXPO vyks įdomi paroda „Energijos pasirinkimas Europos ateitai“ apie valdomos termobranduolinės sintezės – ateities energijos šaltinio – išsavinimo Žemėje darbus, konkrečius žingsnius kuriant daleč žvaigždės Žemėje. Kviečiame aplankyti!

Replika**MOKSLO POZICIJA – TYLA**

Labai maloniai nuskambėjo 2005 metų paskelbimas Pasauliniais fizikos metais. Tai puikus pačios fizikos, jos garsiosios reliatyvumo teorijos ir viso mokslo pagerbimas. Tačiau tai šiek tiek paliečia tik mažą visuomenės dalį. Pasirodė keletas straipsnių „Mokslo ir gyvenime“, „Mokslo Lietuvoje“, „Fizikų žiniose“. Išleistas gražus plakatėlis. Dideli, jaudinantių išpūdį moksliui ir organizaciniu požiūriu paliko XIII pasaulio lietuvių simpoziumas, tačiau nieko išpūdingesnio nei Lietuvos mokslo akademija, nei Lietuvos fizikų draugija, nei universitetai nesuorganizavo, o didžioji žiniasklaida visiškai tylį. Ji siūlo propaguoti visai kitos

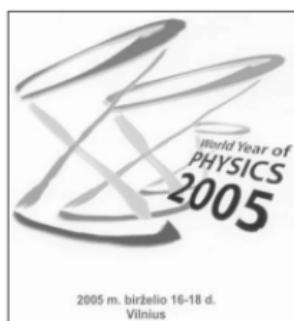
kius dalykus, garbina metus, sičiamus su gyvuliais ir paukščiais. Didžiausiuose laikraščiuose dažnai rasi kokį tragišką įvykių, įvairias nuogirdas, sapanų aiškinimą ir panašius dalykus, kurie esą pranaši ir laikytini ateitį lemiančiais ženklais. Viskas kaip prieš daugelį metų, kai prietarų tikrai buvo daug, o mokslo žinių – tik kruopelės. Dabar garsinami ir populiarinami būrėjai, aikiaregai, astrologai, kuriuos bando kritikuoti tiktaip pavieniai mokslinkai. Spaudoje ir kitur galima matyti, pavyzdžiu, gražią nuotrauką, kur „gydytojas“ savo „geraja“ energija „sukaupia“ klienčių atsineštuose induose su vandeniu, užsimena net apie

kūno formų pakitimą. Ir tai laikoma normaliu reiškiniu. Beveik niekas nesipiktina. Lyg tai vyktų ne XXI a. – genetikos, biomedicinos, biochemijos, biofizikos, atominės energetikos, ne-aprėpiamų Visatos tolių, materijos sandaros pažinimo, interneto laikais, o viduramžiais. Pats internetas plačiai naudojamas antimoksliniams teiginiams skeisti.

Taigi pasaulinius fizikos metus padydime su prieštaringomis mintimis. Jei panašūs metai bus paskelbti kokio kita mokslo garbei, tikėsimės, kad jiems geriau pasiseks ir bus skirtas didesnis dėmesys.

Jonas Algirdas MARTIŠIUS

Vytautas ŠILALNIKAS
Puslaidininkų fizikos institutas

36-OJI LIETUVOS NACIONALINĖ FIZIKŲ KONFERENCIJA

Lietuvos nacionalinė fizikų konferencija (LNFK) organizuoja kas dvejų metų. 36-oji LNFK įvyko 2005 m. birželio 16–18 d. Vilniuje, Vilniaus pedagoginiame universitete. Konferencijos organizatoriai: Puslaidininkų fizikos institutas, Vilniaus pedagoginis universitetas, Vilniaus universitetas, Lietuvos Fizikų draugija. 2005 metai fizikams svarbūs tuo, kad pasaulinės fizikų bendruomenės siūlymu jie yra paskelbti Pasauliniais fizikos metais. Pasaulinių fizikos metų iniciatyva paremė ir UNESCO. Tuo pirmiausia bu-

vo norima atkreipti visuomenės dėmesį į fizikos mokslo svarbą šiuolaikiniams pasaulyiui. Konkreti data pasirinkta dėl to, kad prieš šimtą metų, t.y. 1905 m., Albertas Einsteinas sukūrė ir paskelbė plačiai žinomą reliatyvumo teoriją ir dar tris esminius šiuolaikinės fizikos principus. Jiems buvo lemta gerokai pakelti ne tik mūsų požiūri į fiziką, bet ir visą mūsų gyvenimą. Tai atradimai, kurių kickvienas galėjo būti apdomavotas Nobelio premijomis.

Šiai konferencijai buvo keliami tokie tikslai:

- apžvelgti fizikos mokslo laimėjimus ir raidos tendencijas Lietuvoje, atsižvelgiant į pasaulinių kontekstą;
- aptarti fizikos mokymo ir dėstytojo metodikas, terminijos, fizikos istorijos klausimus ir fizikų rengimo problemas bei perspektyvas;
- aptarti vykstančią mokslo ir studijų pertvarą.

Konferencijoje buvo perskaityta per 270 mokslių pranešimų iš mokslo, švietimo įstaigų, universitetų. Juose buvo analizuojama fundamentinių ir taikomųjų fizikos tyrimų būklė Lie-

tuvuje, fizikos mokslo ir mokymo padėtis, jos vaidmuo atliekant aukštąjų mokyklų ir mokslo institucijų reformą, fizikos vieta plėtojant pažangišias technologijas.

1–3 lentelėse pateikti konferencijos pranešimų, priimtų Programos komiteto, skaicių. Palyginimui patiekiami jubiliejinės 35-osios LNFK duomenys.

1 lentelė. Mokslo institucijų pranešimų skaičius

Institucija	Pranešimų skaičius	
	35-oji LNFK	36-oji LNFK
VU	99	88
VU M TM I	20	18
VU TFAI	20	22
FJ	40	56
PFI	44	42
K TU	18	22
VG TU	6	9
VDU	10	5
VPU	8	5
LEI	3	-
Kito s. išt	9	6
Iš viso :	277	273

2 lentelė. Pranešimų skaičius pagal mokslines kryptis

Mokslinė tematika	Pranešimų skaičius	
	35-oji LNFK	36-oji LNFK
Kietojo kūno fizika ir technologija	38	37
Lazerinė fizika ir technologija	30	31
Puslaidininkų fizika ir elektronika	27	48
Nanomokslas	26	23
Teorinė fizika	23	10
Naujos medžiagos ir gamybos procesai	21	6
Cheminė fizika	19	4
Diagnostikos metodai ir prietaisai	19	13
Atomų ir molekulių fizika	18	11
Aplinkos fizika	12	25
Fizikos istorija, terminija ir dėstymo metodika	12	17
Spektroskopija	10	21
Branduolio fizika	9	13
Biofizika ir medicininė fizika	7	10
Informacinių technologijų fizika	3	4
Akustika	3	-

Iš 2-oje lentelėje pateiktų dviejų konferencijų suvestinių rezultatų matyti, kad vyrauja moksliniai tyrimai, susieti su kietuoju kūnu: puslaidininkų fizika ir elektronika, kietojo kūno fizika, nanomokslas. Antroji kryptis – lazerinė fizika ir technologija. Trečioji – teorinė fizika, atomų ir molekulių fizika.

Šiai konferencijai pateiktų pranešimų analizė rodo aktyvų Lietuvos mokslininkų bendradarbiavimą su užsienio šalių mokslininkais, kartu ren-

giant mokslines publikacijas (žr. 3 lentelę).

Šioje konferencijoje aktyviai dalyvavo aukštųjų mokyklų ir mokslo institucijų doktorantai ir magistrantai. Jie pateikė per 80 pranešimų. Racionaliausiai ir gražiausiai apiformintų stendų autorius LFD apdovanovo šventariškais laikrodžiais, kurių ciferblatai puošę šių 2005 fizikos metų emblema. Apdovanoti buvo šie jaunieji mokslininkai: Da-

rius Jurčiukonis (VU TFAI), Vidmantas Juškevičius (VU+PFI), Marius Laurikaitis (KTU), Mantas Meškauskas (VU+PFI), Jurgita Ovadneviatė (FI), Gintarė Statkutė (VU), Aurimas Uleckas (VU), Pranciškus Vitta (VU).

Ivykusi konferencija – reikšmingas ivyjis Lietuvos moksliniam gyvenimui, padėsiantis Lietuvos mokslui ištvirtinti pasaulinėje arenaje, perimti pasaulinio mokslo patirtį. Lietuvos fizikai ir technologai turėjo puišią progą ne tik susipažinti su kolegų naujausiais moksliniais rezultatais, techniniais sprendimais, bet ir supažindinti juos su savo naujausiais darbais.

3 lentelė. Institucijų pranešimų, parengtų kartu su užsienio šalių mokslininkais, skaičius

Institucija	Bendrų pranešimų skaičius	
	35-oji LNFK	36-oji LNFK
VU	26	18
VU MTMI	9	7
VU TFAI	3	5
PFI	9	8
FI	7	6
KTU	1	-
VDU	1	-
VPU	-	-
VGTU	-	-
Kiti	1	1
Ilš viso:	57	45

Justinas BAUŽYS, Lina MIKOLIŪNAITĖ

VU Fizikos fakulteto studentų mokslinės draugijos valdybos narai

MOKSLO FESTIVALIO ATGARSIAI STUDENTŲ AKIMIS

Rugsėjo 9–15 d. Vilniuje, o savaitę vėliau ir Kaune įvyko Mokslo festivalis „Erdvėlaivis – Žemė“, kuriami labai aktyviai dalyvavo mokslininkai ne tik iš Lietuvos, bet ir Didžiosios Britanijos. Prie Mokslo akademijos organizuojamo renginio daug prisidėjo ir VU Fizikos fakultetas bei Fizikos fakulteto studentų mokslinė draugija (FF SMD).

Visa savaitę įvairiose Vilniaus vietose vyko paskaitos mokiniams, kuriose jie išgirdo daug įdomių dalykų apie mokslą ir jo praktinį panaudojimą. FF SMD rugsėjo 10 d. Savivaldybės aikštėje rodė įvairius fizikos eksperimentus kartu su svečiais iš Kauno, o rugsėjo 12 d. svečiai iš Estijos, paprastais fizikos eksperimentais parodė teatralizuotą žadą atimantį spektaklį. Po abiejų renginių miestiečiai, mokiniai ir miesto svečiai liko sužavėti.

Pagaliau atėjo diena, kai VU studentai fizikai turėjo parodyti, ką supa. Rugsėjo 10 d. keletas fizikų jau būriavosi prie savo Fizikos fakulteto. Visi gerai nusiteikę, kai kurie neišsiimigoje, kiti tiesiog šiaip čia užklydė, tačiau negi užmirši fiziką? Žinoma, kad ne! Išsiirkiau voreli po truputėliui nešėme prietaisus prietaiselius iš Didžiosios fizikos auditorijos (DFA) į autobusiuką. Susidėjė viska, ką tik turėjome, patraukėme Savivaldybės aikštės link. Ten mūsų laukė didžiulė pa-

lapinė ir nesvarbu, kad ja teko dalytis su chemikais ir medžiotojais.

Jau iš tolo akį traukė Žukovskio kėdė, įvairios syruoklės, tamprūs rutuliukai. Palapinės viduje galėjai išvesti optikos ir elektros prietaiselius, kažkur aplinkui vis šmėžavo holograma, kurios „veikimo“ principo taip niekias nesupratė, o retkarčiais vis pasigirdavo garsūs sprogimai.

Atvykę 300 globos namų auklėtinėn patys gamino elektrą, stebėjo poliarizacijos reiškinius, susidomėjo švie-



Linksmeji eksperimentai

solaidžio principu. Vieni su baime, kiti susižavėjė žvelgė į šokančias liepsnelėles (Ruben's Flame tube), ir įsivaizdavo, kaip namuose jau patys ieško šioms liepsnelėms tinkamo rezonansinio dažnio.

Aišku, ne vien fizikai studentai ro-dė čia savo išmonę, daugybė žmonių gavo proga pasižvalgyti į Saulės démes, pamatyti „protiną“ siurblių ir kitus įdomius robotukus (kurių kickvietas kainuoja po 5000 Lt), sužinoti sa-vos reakcijos laiką, išmatuoti šuolio aukštį ar išméginti rankos taiklumą.

Rugpjūčio 12 d. fizikos galimybų demonstravimą pratęse svetiniai iš Estijos. Jie užbūrė ne vieną DFA sėdėjusi smalsuoli – tiek studentą, tiek moksleivį. Jau nuo pietų iš estų autobusu-kuo DFA link plaukė dėžės ir dėžutės,

kuriose slypėjo neaiškūs, keisti, bet vis dėlto akį traukiantys daiktai, kaip patys estai sakė: „It's Magic“, o mes jais ir patikėjome.

Pradėjė nuo gilios senovės, senos, sutrūnijusios ir savaimė užsidegančios knygos, savo pasirodymą estai suskirstė į 5 dalis. Pirmiausia prisiminė slėgi, po to mechanika, magnetizmą ir elektrą, molekulinę fiziką ir, žinoma, muziką. Ir ko gi nebūtų sužavėjės išpu-dingai atrodantis Van de Grafo (Van de Graaff R.) generatorius (elektros išlydziai ir plaukai, atsistojantys pies-tui), Magdeburgo rutuliai, Žukovskio kė-dė... O kur dar muziką sklidžiančios taurės, gūdūs, tarsi iš po žemiu atai-dintys garsai iš pakaitintų vamzdžių.

Pilnėtėlė klausytojų DFA turėjo ga-limybę susipažinti su Niutonom, vaizdžiai

stebėti pirmajį jo dėsnį, pamatyti lėk-tuvu pakilio principą, nebuvo pamiršta ir elektros krūvių: fantastiški žaibai ir labai paprastas, bet efektingas, ek-ranavimo principas ir dar žaibų rutu-lys (*Plasma Globe*).

Turbūt išpudingiausiai atrodė eks-perimentai su dujomis. Nesvarbu, kas buvo naudojama, ar jau visiems fizi-kams gerai žinomas skystasis azotas, ar dailiū metano burbuliukai, virstantys liepsnos pliūpsniu. Nors ir buvo gaila sudauyti užšaldytos rožės, tačiau visiems didžiausiai išpuidž paliko sprogtantis plastikinis azoto butelis.

Taigi FF SMD nariai pasišcmę pa-tirties galés ir toliau tobulinti savo apa-ratus ir atlikti kuo įdomesnius ir keis-tesnius bandymus, o po kelerių metų galime tikėtis, kad fizika bus viena populiariausių specialybų Lietuvoje, juk tokiam pasirodymui abejingas negali likti nė vienas. Gaila, kad tick mažai dėmesio ir lėšų skiriantys DFA de-monstracijoms atnaujinti. Estai paro-dė, kad ir patys paprasčiausiai eksperi-mentai gali būti ne tik vaizdūs, bet ir išpudingi.

Pasimokę iš estų ruošiamės savo rankomis atnaujinti ir papildyti fizikų demonstruojamus eksperimentus, ir netgi Lietuvoje surukti Fizikos teatralizuotą pasirodymą, kuriuo stebinsime ne tik fizikus, bet ir visuomenę.

FIZIKA MOKYKLOJE

Kastytis ZUBOVAS

Vilniaus jėzuitų gimnazijos absolventas, VGTU architektūros fakulteto studentas

TARPTAUTINĖ FIZIKOS OLIMPIADA

IPhO (International Physics Olympiad) – tarptautinis kasmetinis fizikos konkursas vidurinių mokyklų ir gimnazijų moksleiviams, i kurį iš kiek-vienos dalyvaujančios šalies siunčia-mai iki penkių dalyvių ir dviem vado-vu.

36-oji tarptautinė fizikos olimpiada vyko Ispanijoje, Salamankoje, 2005 m. liepos 3–12 dienomis. Šioje

olimpiaidoje dalyvavo rekordinis skai-čius komandų – net 75.

Lietuvos komandai atstovavo abi-turientai Jevgenij Chmeliov (Vilniaus „Ateities“ gimnazija), Maksim Jeske-vič (Visagino „Gerosios vilties“ gim-nazija), Kastytis Zubovas (Vilniaus jė-zuitų gimnazija) ir du vienuoliuktokai Vilniaus licėjuje moksleivai Audriūnas Gruslys ir Andrius Štikonas. Visi ko-

mandos nariai yra mokyklos „Fizikos Olimpas“ absolventai ar moksleiviai. Jiems vadovavo prof. Antanas Rim-vidas Bandzaitis ir prof. Pavelas Bogdanovičius, jau daugelį metų vadovau-jantys Lietuvos fizikos komandai.

Salamanka – nedidelis (Ispanijos mastais) universitetinis miestas, jisikū-ręs Ispanijos šiaurės vakaruose, kal-nuotame regione netoli Portugalijos



Lietuvos komandos vadovai A. R. Bandzaitis ir P. Bogdanovičius

sienos. Miestas yra Kastilijos-Leono provincijoje. Salamankos universitetas, įkurtas 1218 m., yra ketvirtas seniausias Europoje. Universitetas yra svarbiausia miesto ižymybė, įvairūs jo fakultetai ir kiti pastatai užima kone puse miesto ploto, o per mokslo metus Salamankoje gyvena daugiau studenų nei vietinių gyventojų. Kitas svarbus miesto simbolis – Rotušės aikštė (Plaza Mayor). Siemet kaip tik minimas jos 250 metų jubiliejas.

I Ispaniją atvykome sekmadienį. Pirmas pastebėjimas, vos išlipus iš lėktuvo, – karštis. Oro temperatūra maždaug 40 laipsnių, o dangus – visiškai giedras. Iš Madrido oro uosto autobusu teko važiuoti maždaug 250 km iki Salamankos, taigi ten atvykome jau vakarop. Mus apgyvendino universiteto bendrabutiję, o komandų vadovus kitoje miesto pusėje esančiam viešbutyje. Atėjusius į bendrabutį mus pasitiko gidė, kurios pirmieji žodžiai buvo: „Turimo problemų...“ Pasirodo, vieno iš mums paskirtų kambarių raktas dingo. Laimei, viskas buvo sutvarkyta jau kitą dieną.

Pirmaoji olimpiados diena prasidėjo atidarymu, kuriamo susirinkusiems dalyviams buvo pristatomा

olimpiados programa. Dalyvius pascikino olimpiados organizacinio komiteto pirmmininkę Angela Calvo, Tarpautinių fizikos olimpiadų asociacijos vadovą Waldemaras Gorzkowskį, kiti svarbūs asmenys.

Antrają olimpiados dieną sprendėme teorinius uždavinius. Tarpaautinės fizikos olimpiados varžybas sudaro dvi dalys: teorinių uždavininių sprendimas ir eksperimentinių darbų. Kiekvienai šiai daliui skiriama po 5 valandas, tačiau jos praleikia labai greitai ir daugumai olimpiados dalyvių laiko priėmsta. Teorinė dalis dažniausiai su-

daroma iš trijų kompleksinių uždaviniių, kurie pagal IPHO statutą turi apimti penkis fizikos skyrius iš vidurinės mokyklos kurso (deja, Lietuvos mokyklų fizikos programa yra gana atsilikusi nuo to kurso). Užduotis olimpiadai rengė Salamankos universitetų profesoriai ir Ispanijos fizikų draugių nariai.

Siemet teoriniuose uždaviniuose buvo nagrinėjamos tokios temos: 1. dirbtinis žemės palydovas, nukrypęs nuo geostacionarios orbitos; reikėjo apskaičiuoti tokio palydovo orbitos spindulį, paskui nagrinėti jo elipsinį arba parabolinį judėjimą, nustatyti, kokiems nuokrypiams nuo pradinės orbitos esant palydovas paliks žemės orbitą; 2. elektriniai dydžių (varžos, srovės stiprio) matavimo metodai; buvo pristatyti XIX a. sukurti metodai, kaip grandinės varža ir srovės stipris išreikšti per mechaninius parametrus, tiriant magnetines grandinių savybes; uždavinys buvo suskirstytas į tris dalis – pirmose dviejos buvo matuojama varža, trečioje – srovės stipris „elektrinių svarstykių“ metodu; 3. kvantinės neutronų savybės; nagrinėjamas neutronų fluošto judėjimas riboto aukščio „koridoriumi“, kurio apatinė plokštuma neutronus atspindi, o viršutinė – sugeria; reikėjo nustatyti koridoriumi praleikančių neut-



Lietuvos komanda. Iš kairės: P. Bogdanovičius, A. Gruslys, A. Štikonas, K. Zubovas, J. Chmeliov, M. Jeskevič, A. R. Bandzaitis. Nuotraukos P. Bogdanovičiaus

ronų skaičių remiantis tiek klasikinės, tiek kvantinės mechanikos dėsniais. Uždaviniai pasirodė gana lengvi, net 6 dalyviai iš teorinės dalies gavo maksimalų 30 taškų įvertinimą.

Eksperimentinė užduotis buvo atliekama tiek ketvirtadienį (ketvirtąjį olimpiados dieną), taigi turėjome pusantrų dienos laisvo laiko. Tuo metu vyko įvairi kultūrinė programa. Mums buvo parodyta pati Salamanca – Romanos imperijos laikais statytas miestas, buvęs tiek arabų, tiek krikščionių valdžioje. Salamankos katedra – išskirtinis ispaniškos gotikinės architektūros šeđevras, jis yra viena aukščiausių Europoje. Kaip jau buvo minėta, šiemet miestas mini Rotušės aikštės pastatymo 250-metį, taigi visame mieste vyko daugybė šiai progai skirtų renginių – koncertai, atviros meno parodos, parada ir kt. Antradienį vakare klausėmės Ispanijos tradicinio flamenko koncerto.

Kitos ekskursijos buvo po aplinkinius miestus. Trečadienį važiavome į Segoviją – miestą, garsų vis dar veikiančiu daugiau nei 2000 metų senumo akveduku. Jame praleidome beveik visą dieną. Vakare gržižome ruoštis eksperimentinei užduociai.

Eksperimentas vyko didžiuliam pastate, vadinamame „Multipurpose building“. Jo salė gali būti pritaikyta tiek sporto varžyboms, tiek konferencijoms, tiek, kaip šiuo atveju, olimpiadoms. Šiemet organizatoriai dalyviamis pateikė tiekai nelengvą užduotį

– Planko konstantos nustatymą tiriant kaitinės lemputės šviesą. Nemaža dalis užduočiai atliki reikalingos teorijos bent jau Lietuvijoje į vidurinių mokyklų programą neįcina, tačiau užduoties aprašyme buvo daug paaikiinimų, kurių užteko eksperimentui atliki. Darbo eiga buvo išdėstyta labai smulkmeniškai, dalyviamas iš principo reikėjo tik teisingai įvykdinti nurodymus ir padaryti reikalingas išvadas, teko išvesti vos keliais formules. Idomus ir retai pasitaikantis tarptautinėse olimpiadose dalykas – reikėjo skaiciuoti vos ne kiekvieno matavimo paklaidas; tai pačio ką daugelius dalyvių.

Ketvirtadienio vakarą kultūrinę programą sudarė M. Servanteso romano „Don Kichot“ ištraukos skaitymas – šiemet sukanke 400 metų nuo romano išeidimo. Iškart po jo klausėmės Nobelio premijos laureato A. J. Leggeto paskaitos apie kvantinius skyssčius. Mums buvo pristatyti šiuolaikiniai žemoje temperatūroje esančių duju tyrinčiųjų, papasakota apie keistą molekulių elgesį artimoje absolūciajam nulinii temperatūroje – tiek superlaudumą ir supertakumą, tiek kitus panaišus reiškinius.

Penktadienį lankėmės netoliес esančiame Valjadolido mokslo muziejuje, keliuoje kituose muziejuose ir greta miesto įkurtame „Technologijų parke“. Tai – didžiulis įmonių ir laboratorijų kompleksas, jame kuriamos, bandomos ir diegiamos pažangiosios technologijos. Technologijų parke pra-

leidome visą popietę, kuri tikrai nepraligo. Šeštadienį aplankėme senovinę Bejar miestelį, įsikūrusį pačioje kalnų papėdėje. Turėjome galimybę pamatyti tiek tradicinės ispaniškos buities elementų, tiek pasigrožeti kalnų peizažais.

Olimpiados metu beveik visą laiką buvome atskirti nuo komandos vadovų – taip daroma todėl, kad jie negalėtų mums perduoti informacijos apie uždavinius ir kaip nors kitaip mums padėti. Su jais galėjome pabendrauti tik poros renginių metu ir dieną prieš apdovanojimų ceremoniją.

Paskutinę olimpiados dieną sužinojome ir savo rezultatus. Absoliučiai geriausiai rezultatai pasiekė vengras Gábor Halász ir Taivaniao atstovas Ying-Hsuan Lin. Mūsų komandos du nariai – Jevgenij Chmeliov ir Kastytis Zubovas – iškovojo bronzos medalius, o kiti trys gavo pagyrimo raštus. Tiesa, šioje olimpiadoje buvo įteikteti net 46 auksų ir tiks 26 sidabro medalių – tai reiškia, jog dalyvių parodysti rezultatai buvo nepaprastai geri.

Nepaisant nedidelio nesklandumų, olimpiada visai komandai paliko didžiulių įspūdį. Pažintis su Ispanija ir jos kultūra, galimybė pabendrauti su bendramžiais iš viso pasaulyo yra tiekai nekasdienis įvykis, ir jis ilgai išliks mūsų atmintyje.

Daugiau informacijos apie olimpiadą galite rasti internete:

www.ipho2005.com

Arvydas KANAPICKAS

Vytauto Didžiojo universiteto Fizikos katedra

ŽIBANČIOS „FOTONO“ AKYS

Fizikos spalvos

Tais tolimaliaisiais aštuoniasdešimtasis metais gal ir buvau gabus mokinys. Tačiau tuometinėje provincijos mokykloje nebuvu iprasta daryti papildomų su mokyklos gyvenimu nesusijusių darbų. Neiprasta, net ir neįjauki. Tikiu, kad tokia yra provincijos mokyklos atmosfera. Todėl ir „Fotonų“ mokyklos uždavinius ne itin stengiausiai spręsti. Tad teko nustebitti, kai pirmą ar antrą birželio savaitę, mane, jau įsidarbinusį vienoje iš vietinių

įmonių, fizikos mokytoja surado ir liepė skubiai ruoštis. į „Fotonų“ stovyklą.

Neatsimenu, kokių fizikinių dalykų mokiausiai „Fotonų“ vasaros stovykloje. Tačiau atmintyje įstrigo daug akmirkų, praleistų Kintuose, kaičiai metais – Kupiškyje. Sutikau bendraamžių, kurie savo mokyklose buvo tokių pat keisti, kaip ir aš, o stovykla mums suteikė iprastą bendraminčių aplinką. Galbūt tokis bendravimas didesniuose miestuose, kur vyksta daugiau rengi-

nių, kur nemokyklinėse akcijose gali dažniau susitikti fizika besidomintys vaikai – iprastas ir dažnas įvykis. Tad laboratorinių fizikos darbų, uždaviniai ar paskaitos, kurios vyko stovykloje, nepaliko daug įspūdžių. Pirmiausia tai buvo bendravimo ir pažinimo mokykla. Aišku, tai buvo stiprus impulsas persirinkti fiziko kelią.

Esu dekingas „Fotonų“ stovyklos organizatoriams, kad pakvietė perskaityti porą paskaitų fotoničiams. Rengiantis toms paskaitoms, atsirado

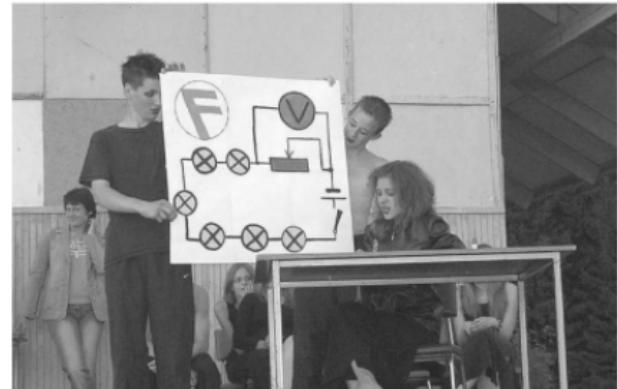
keistas jausmas – visų pirma malonu prisiminti ir prisiliesti prie savo asmeninės istorijos, o kita vertus, kaip galu pasakyti šiemis vaikams, kurie, tikriau siai kaip ir aš anais laikais, atvažiavo susipažinti ir smagiai praliscisti laiką su savo bendraminčiais, besidominčiais fizika. Kaip pateikti fizikos žinias, kad jos liktų ne tik žiniomis, bet žavetų, žadint malsmumu, paliktu širdyje paslapties romantiką, paskui kurių daugelis mūsų, fiziku, seká visą gyvenimą.

Temos, kurias parinkau fotoniečiams, tarpdalykinės: „Energijos šaltiniai šiandien“ ir „Radioekologijos fizika“. Manau, kad tarpdalykinės temų atskleidimas yra viena iš svarbiausių fizikos mokslo populiarinimo priemonių. Juk nanotechnologijos skverbiasi ne tik į plūdininkinius prietaisus, bet ir į lašelę ar net į atskirus cheminius junginius. Aplinkos tyrimų įvertinimas sprendžiant klimato kaitos ar sveikos gyvensenos problemas nėra ir negali būti vien fizikos tyrimo objektas. Tai šiandieninės fizikos spalvos, kuriomis stengiausis nuspalvinti ir savo nedidelius prancūsimus.

Apie energetiką

Energijos šaltinių, šilumos taupymo ir panašūs, su kasdiene buitimi susiję klausimai, gana išsamiai pradedami nagrinėti jau nuo pradinės mokyklos. Šiltamario reiškinys, anglies dvi-deginio kiekio didėjimas, atsinuojančių energijos šaltinių – visa tai gana dėkingos į domios temos fizikos praktiniams panaudojimui, susijusiam su naujomis technologijomis, atskleisti.

Tačiau norėjosi parodyti dar ir kita energijos išteklių fizikos klausimą: fizika negali viena pati siūlyti, kaip spręsti energetikos problemas. Energijos šaltinių, jų perdirbimo būdo pasirinkimas – uždavinys, kurį sprendžia ne tik fizika ir su ja susiję mokslai. Tai iš tiesų sudėtinga socialinė, ekonominių ir politinė problema. Fizika čia turi tik patariamajį balsą. Šio balso gali niekas ir negirdėti, o gali net ir neprasyti išreikšti savo nuomonę. Fizikai reikia ir kitokių sugebėjimų – mokėti pasakyti, kad es įšios srities profesionalas ir kad gali patarti. Tame reikia būti ne tik fiziku, reikia matyti pasaulį tarsi iš anksčiaupinskajėjukų perspektyvų



Linksmieji fotoniečiai

problemų neišspręsi, visa tai tenka stengtis pasakyti netiesiogiai ir ne tokiai skambiais žodžiais. Tik norėjosi atkreipti dėmesį, kad fizikos klausimų išmanymas kickvienam gali padėti orientuotis ateityje, sprendžiant aukštovėlės kvalifikacijos reikalaujančias problemas. Tačiau vien tik fizikos šiaisiai laikais jau maža.

Taigi šios paskaitos medžiaga apžvelgiama tokiais aspektais: 1) trumpa apžvalga jau apie mokiniamis žinomas energijos išteklius ir jų naudojimą; 2) fizika, su ja susiję kiti mokslai ir ekonominis, socialinis ir politinis kontekstas; 3) naujos technologijos energetikoje.

Trečioji dalis nebuvo ilga, tačiau mokiniamis ji pati įdomiausia. Apžvelgiant energijos šaltinius teko paminėti jems gerai žinomus elektros energijos gavimo būdus, pavyzdžiu, vėjo generatorius ir gana įdomius projektus, pavyzdžiu, potvynių elektrines. Ypač vaikams patiko generatoriai, kurie naudoja pakrantės bangų energiją. Kai kurios iliustracijos buvo animuotos, pavyzdžiu, PEM (Proton Exchange Membrane – protonų kaita membranoje) kuro elemento veikimas.

Kuro elementų kūrimas ir panaudojimas yra sudėtingas uždavinys, kuris kažin ar sumazins energijos suvarojimą, tačiau galėtų gerokai sumažinti aplinkos taršą, ypač didmiesčiuose. Kai kurie paskaitoje parodys praktinio panaudojimo pavyzdžiai fotoniečių sužavėjo – tai žaislinis automobilis, ant kurio sumontuoti apie 30 cm²

dydžio saulės elementai, vandenilio gamybos kuro elementas naudojantis vandenilij ir atmosferos deguoni, bei nedidelis varikliukas. Nuoroda į pa- našią sistemą galima rasti šio straipsnio pabaigoje*.

Viena svarbiausių vandenilio energetikos problemų yra ne vandenilio gamyba, o jo saugojimas. VDU fizikai kartu su Lietuvos energetikos institutu bando rasti būdą, kaip kaupti vandenilij kietajame kūne. Galima patyglinti: jei vieną molis vandenilio duju normaliomis salygomis užima apie 22,4 litrus, o jei pavyktų „iterpti“ po vieną vandenilio atomą į kietajį kūną, prijungiant jį prie kokio nors atomo ar kelių atomų grupės, tai toks vandenilio tūris tilptų į sau. Tik reikia surasti tokią medžiagą tarsi „benzino baka“, kuri leistų patogiai vandenilij „supilti“ ir „išpilti“.

Fotoniečiai tokias pavyzdžiai labai domėjos, todėl nebuvo sunku į pasakojimą iterpti ir šiek tiek „teorijos“, pavyzdžiu, šiluminii variklių veikimo termodinaminį principą.

Apie radioekologiją

Radioekologija – tai mokslas apie jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį žmogaus organizmui. Paprastai spinduliuotės šaltiniai yra fizikos objektais. Neretai gana sudėtingos fizikos, pavyzdžiu, radionuklidų susidarymas branduoliniame reaktoriuje ir jų sklaida aplinkoje. Kol spinduliuotės nukeliauja iki žmogaus organizmo, tenka nagrinėti ivairias biosferos grandinių

nes, ypač radionuklidų migraciją maisto grandinėmis. Pirmoji jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio biologiniams objektams fazė visuomet esti fizikinė, tačiau trunka apie 10^{-15} s. Šis poveikis peraugą į fizikinį cheminį, po to cheminį poveikį maždaug per 10^{-3} s. Tik po to atsiranda biologinis poveikis – svarbių gyvybės ląstelių modifikacija, sukeliant fiziologinius sutrikimus. Visa tai jau net ne biologijos, o medicinos tyrimų objektas.

Tad radioekologija, kaip matyti, ištarpdalykinis mokslo. Tai buvo ir norėjosi perteki paskaitoje jauniesiems fizikams. Kiti kalbamičiai dalykai buvo daugiausiai fizikiniai: ionizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai; dozimetrijos pagrindai; radioekologinė situacija Lietuvoje; apšvitos pavojingumas.

Atskleidžiant minėtus klausimus teko ne vienai kartai nukrypti nuo paskaitos. Pavyzdžiu, norint parodyti ionizuojančiosios spinduliuotės šaltinių įvairovę, reikia pabrėžti, kad šaltinių kilmė yra trejopa: kosmogeninė spinduliuotė, kuriama kosminiu spinduliu rausto į Žemės atmosferą; natūrali, t.y. egzistuojanti nuo pat planetos susikūrimo; ir žmogaus veiklos sukurta spinduliuotė – iš esmės bran-

duolinė energetika ir branduolinio ginklo bandymų iškritos.

Tikriausiai šio straipsnio skaitojui matyti, kiek erdvės mintims turi fizikas, aiskinantis spinduliuotės šaltinius: tenka papasakoti ir apie kosminiu spinduliu susidarymą, jų sklidimą per Žemės magnetinį lauką, apie Šiaurės pašvaites ir kitokius reiškinius, apie kuriuos kalbant vaikų akysse žiūra smalsumo kibirkštėlės. Kalbant apie gamtinę spinduliuotę labai patogu pradėti nuo klausimo: „iš kur atsirado visi elementai, kuriuos aptinkame Žemėje?“. Didžiojo Sprogimo terorijai, trumpai žvaigždžių evoliucijos apžvalgai tikrai nelieka abcijingus.

Iš žmogaus veiklos suskurtų radiofizikų daugiausiai dėmesys susilaukia branduolinio ginklo bandymų iškritos atmosferoje. Mokiniams visada įdomu išgirsti keletą istorinių smulkmenų apie geopolitinę padėtį, kai buvo kuriamas branduolinis ginklas. Nors mokyklos vadovėlyje yra trumpai išdėstyti branduolinės ir termobranduolinės bombos ypatumai, tačiau dauguma fotoničių norėjo išgirsti ši pasakojimą per paskaitą, juolab, kad iškritų pasiskirstymas labai priklauso nuo bombos galimumo, kurį apibrėžia jos tipas.

Aišku, pagrindinis paskaitos uždavinys – suteikti jauniesiems fizikams pakankamai informacijos, kad jie, žinodami gautą dozę, galėtų ivertinti, kokia spinduliuotė yra pavojinga. Visų pirma, reikia atkrepti dėmesį į tai, kad didžiąją dalį radioaktiviosios spinduliuotės dozės sudaro gamtinės prigimties šaltiniai, iš esmės – radono dujos. Kitą žymią dozės dalį sudaro ionizuojančiosios spinduliuotės šaltinių panaudojimas medicinoje. Radioaktivieji branduolinės energetikos teršalai ir branduolinis ginklo bandymų iškritos tesudaro tik tūkstantą dalį visos žmonių gaunamos apšvitos.

Pabaigoje reikytu pridurti, kad fotoniciai per paskaitą sugeba priimti daug informacijos – į dėmesys per pusantros valandos nelabai susilpnėja, matyt tai žinioms imtis ir informacijos kickiniui atsparūs moksleiviai. Norėtusi, kad jiems atcitis susiklostytų kuo sėkmingesnė. Paskaitų medžiaga pateikta svetainėje <http://store.pasco.com/pascostore/showdetl.cfm?&DID=9&Product_ID=51580&Detail=1>, kurią VDU Gamtos mokslų fakulteto darbuotojai bando panaudoti populiarinti gamtos mokslus.

*http://store.pasco.com/pascostore/showdetl.cfm?&DID=9&Product_ID=51580&Detail=1

Aurelijia VISOCKIENĖ

Respublikinių moksleivių techninės kūrybos rūmų Renginių organizavimo skyriaus metodininkė

NACIONALINIS JAUNUJŲ MOKSLINKŲ KONKURSAS

1995 m. Lietuvos švietimo ir mokslo ministerijos Mokslo ir studijų departamentas pasiūlė Lietuvos mokinį darbus pristatyti Europos Sąjungos jaunuju mokslininkų konkursui. 1996 m. – Nacionalinio jaunuju mokslininkų konkurso kūrimosi metai. 1997 m. buvo nuspręsta sujungti Lietuvos jaunuju gamtininkų centro ir Respublikinių moksleivių techninės kūrybos rūmų (RMTKR) konkursus ir parametru bendrus konkursu nuostatas.

Nacionalinio jaunuju mokslininkų konkursu tikslai yra tokie: skatinti jaunimą kurti, padėti atskleisti prigimtines galias, stebeti jų rašką; propaguoti

gamtos ir technikos mokslo žinias; formuoti mokslinio maštymo ir tyrimo įgūdžius; atrinkti geriausius darbus Europos Sąjungos jaunuju mokslininkų konkursui.

Nuo 2000 m. konkursas rengiamas dviejų etapais.

Pirmuoju etapu darbų gynimas vyksta sekcijose. Pasibaigus gynimui apdovanojami kiekvienos sekcijos II ir III vietu laimėtojai. Ekspertų komisijos iš kiekvienos sekcijos atrenka po du geriausius darbus baigiamajam konkursu etapui. Antruoj etapu moksleivai pristato darbų stendus. Darbus vertina iš įvairių mokslo sri-

čių specialistų sudaryta ekspertų komisija, atsižvelgdama į ankščiau pateiktą darbo aprašymą ir standžių darbo pristatymą. Baigiamajame etape, neatsižvelgiant į sekcijas, ekspertų komisija atrenka kandidatus atstovauti Lietuvai Europos Sąjungos jaunuju mokslininkų ir kituose tarptautiniuose konkursuose.

Darbų atrinkimas tarptautiniams konkursams, žinoma, nėra pagrindinis tikslas. Svarbiausia naujų talentų paieška, mokiniai ir pedagogų darbo ivertinimas. Siuose konkursuose mokiniai ir jų pedagogai turi puikią galimybę pasisemti naujos patirties, pabendrauti



ES jaunųjų mokslininkų konkurso prizininkai Eriks Gaidamauskas ir Gediminas Kiršanskas

su bendratinčiais, pasidalyti mintimis, palyginti darbo metodus. Tokiuose konkursuose jaunimas mokosi diskutuoti, ginti savo idėjas, igauna daugiau pasitikėjimo savimi. Ypač svarbus bendravimus su mokslininkais. Konkursu ekspertai ne tik vertina darbus, bet ir pasiūlo naujas temas, pataria, kokia kryptimi testi darbus, geranoriškai siūlo savo pagalbą, konsultacijas. Tai vienas iš būdų skatinti jaunimą domėjimasi mokslu. Kasmet Nacionaliniame jaunųjų mokslininkų konkurse dalyvauja apie 400 mokinį iš visos Lietuvos.

Malonu prisiminti ankstesnių metų konkursų nugalėtojus ir prizininkus.

1996 m. lapkričio 21 – 25 d. Bremene (Vokietija) Lietuvai atstovavo Vidas Dobrovolskas, RMTKR astronomijos būrelės narys, ir Andrius Rožkovas, Visagino „Atgimimo“ mokyklos moksleivis. Abu mokiniai Jaunųjų europiečių aplinkotyros konkurse pelnė prius: 1997 m. vasarą Vidas dalyvavo 47-ajame Nobelio premijos laimėtojų susitikime Landau mieste, o Andrius – Jaunųjų europiečių aplinkotyros kolokviume.

2001 m. RMTKR Astronomijos būrelės narys Tomas Vaiseta laimėjo specialų prizą – dviejų mėnesių vienėnage Kanaru salų observatorijoje.

2003 m. Prienų gimnazijos mokinys Evaldas Trainavičius laimėjo specialų prizą – kelionę į Norvegijos poliarinį institutą Spicbergene.

2004 m. RMTKR Chemijos būrelės narys Laurynas Pliuškys laimėjo III vietą, ivertintą 1500 eurų.

2004 m. Vilniaus licėjaus mokinys Julius Bogomolovas laimėjo specialų prizą – apsilankymą Europos molekulinės biologijos laboratorijoje.

2005 m. konkursui darbus pristatė 337 mokiniai. Lietuvos jaunųjų gamtininkų centre kovo 17–18 d. buvo ginami darbai botanikos, zoologijos, vienuomenės sveikatos, biomedicinos, geografijos, ekologijos ir aplinkotyros, etnologijos, edukologijos sekcijose. Respublikiniuose moksleivių techninės kūrybos rūmuose balandžio 4–5 d. darbai buvo ginami informatikos, chemijos, inžinerijos, fizikos, astronomijos mokslo srityų. Konkursuose darbų pristatymą gali stebeti visi norintys.

Pradžioje buvo atrinkti 34 darbai konkurso antrajam etapui, kuris dar vadinamas Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkursu nacionaliniu etapu. Jis vyko balandžio 20–21 d. RMTKR. Jo metu buvo atrinkti trys geriausi darbai, kurie rugsėjo 17–22 d. atstovavo Lietuvai XVII Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkurse Maskvoje, Baumano universitete.

Iš daugiau kaip 120 moksleivių ir studentų savo darbus gynė ir penki lietuvių. Labiausiai pasiekė Vilniaus Žirmūnų gimnazijos dyliktokams Eriku Gaidamauskui ir Gediminui Kiršanskui, kurių bendras darbas „Izusukinys atomo teorijoje“ sulaukė didelio įvertinimo – savaitės stažuotė Europos mokslo laboratorijoje.

Rugilė Stonytė iš Babtų vidurinės mokyklos analizavo, kaip stambiauojęs spanguolės prisitaiko prie įvairaus



Lietuvos komanda (iš kairės): nacionalinė organizatorė Emilia Bugailiškienė, Vytautas Zarauskas, Gediminas Kiršanskas, Eriks Gaidamauskas, Rugilė Stonytė, Gulera Atajeva

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA

FIZIKŲ ŽINIOS

Nr. 29

Supplement of *Lithuanian Journal of Physics = Lietuvos fizikos žurnalo* priedas

Vyr. redaktorė

Redaktorės pavaduotoja

Redaktorių kolegija:

Eglė MAKARIŪNIENĖ	FI
Rasa KIVILŠIENĖ	VU TFAI
Julius DUDONIS	KTU
Romualdas KARAZIJA	VU TFAI
Angelė KAULAKIENĖ	VGTU
Aušra KYNIENĖ	VU TFAI
Libertas KLIMKA	VPU
Jonas Algirdas MARTIŠIUS	VPU
Palmira PEČIULIAUSKIENĖ	VPU
Jurgis STORASTA	VU
Vytautas ŠILALNIKAS	PFI
Violeta ŠLEKIENĖ	ŠU
Vladas VALENTINAVIČIUS	VPU

Redakcijos adresas:

A. Goštauto 12, VU Teorinės fizikos ir astronomijos institutas (444a kab.), LT 01108 Vilnius

Telefonas 2610502. El. paštas: makariun@vilsat.net; rasa@itpa.lt

Kitus mūsų numerius galite skaityti tinklapyje: http://www.itpa.lt/~lfd/fiziku_zinios/FizikuZinios.html/

Straipsnius „Fizikų žinoms“, ne didesnius kaip 10 000 spaudos ženklų (su intervalais), nesumaketuotus prašytume siūsti elektroniniu paštu. Brėžinius siūskite atskirose rinkmenose, o fotonuotraukas (tik geros kokybės) patekite redakcijai. Rankraščiai ir nuotraukos negražinami.

Gerbiami skaitytojai, „Fizikų žinias“ 2006 m. galite užsisakyti pašte. Indeksas 5013, prenumeratos kaina vienam pusmečiui 5 Lt. Kitus numerius galite nusipirkti Vilniuje, A. Goštauto 12. Bibliotekoje (331 kab.) arba 444a kab.

rūgštumo substrato. Varėniškiui Vytautui Zarauskui, kuris kartu su Guleria Atajeva iš Varėnos „Ryt“ vidurinės mokyklos tyré geležies telkiniu įtaką radioaktyviojo ^{137}Cs pasiskirstymui po Černobylį avarijos, buvo su-teikta galimybė pabendrauti su Tarpautinėje kosminėje stotyje dirbančiais

kosmonautais.

Be Nacionalinio jaunųjų mokslininkų konkurso, RMTKR rengia šiuos mokslo popularinančius renginius: astronomų stovyklą; viktoriną „Po žvaigždėtu dangum“; chemikų-ekologų stovyklą; neakivaizdinę chemikų mokyklą „Pažinimas“, radiokonstruktorių, programuotoju konkursus ir konkursus: „Visata ir žmogus“; „Manno žvilgsnis iš supantį pasauli“.

Konkursu svetainės adresas: <www.njmk.smm.lt>, RMTKR svetainės adresas: <www.rmtkr.lt>.

Jevgenij CHMELIOV, Audrūnas GRUSLYS

VU Fizikos fakultetas, Vilniaus tiksliuju, gamtos ir technikos mokslo licėjus

„EINŠTEINO BEIEŠKANT“ – JAUNUJŲ FIZIKŲ SUSIRINKIMAS BERLYNE



Hopi indėnai A. Einšteiniui davė pravardę „Didysis Giminaitis“ („The Great Relative“)

Šią metų rugpjūčio 27 d. Berlyne susirinko beveik pusėmis jaunujių fizikų iš Centrinės Europos šalių į renginį „Einšteino beieškant“ („In Search of Einstein“). Jį organizavo Vokietijos švietimo ir mokslo ministerija bei Vokietijos jaunimo mokslinė organizacija „Jaunimo atliekami tyrimai“ („Jugend forscht“). Tai vienas iš daugelio pasaulio renginių, pažymintių reliatyvumo teorijos šimtmetylį, taip pat siekiamas paskatinti jaunus fizikus atlikti bandymus, pažinti mūsų supantį pasaulį ir priminti Einšteino posakį: „Svarbu niekada nenustoti klausti“. Iš viso renginyje dalyvavo 39 šalių olimpiadų prizininkai arba jauni tyrimetojai: 18 mokslininkų iš Lietuvos, Latvijos, Estijos, Lenkijos, Slovėnijos, Slovakijos, Čekijos ir Vengrijos bei 21 iš Vokietijos. Lietuvai atstovavome mes –

Lietuvos mokslievių olimpiados nugalėtojai ir Tarptautinės fizikos olimpiados dalyviai Jevgenij Chmeliov ir Audrūnas Gruslys. Visi susirinkusieji turėjo prisistatyti, papasakoti apie savo mokslinę patirtį ir laimėjimus fizikos srityje. Pasirodė, kad daugiau nei pusė dalyvių iš Vokietijos buvo organizacijos „Jugend forscht“ organizuoto jaunujių mokslininkų konkurs-

so prizininkai ir aktyviai dalyvavo įvairiuose fizikiniuose mokslo tyrimuose bei projektuose. Taigi mokslinis vokiečių jaunimo pasirengimas yra iš skirtujų labai geras, jų laboratorijos paruoštais laikomos vienomis geriausiomis pasaulyje. Labai gaila, kad Lietuvoje neturime panašaus pobūdžio jaunimo mokslinės organizacijos: mūsų mokslievin ir studentų išsilavinimas fizikos srityje yra tikrai ne prastesnis, tačiau daugumai trūksta tyrinėtojo išgudžių, ir, be to, dažnai pamirštame jau minėtą Einšteino posakį. Galbūt tai yra ir mūsų švietimo sistemos bėda, kuri dažnai teskatina „iškalti“ teorija, o nereikalauja suprasti mokslo esmės.

Po prisistatymo turėjome puikia proga plaukdamis upe Spree susipažinti su Berlynu. Kitomis ekskursijų po miestą dienomis mes daug sužinojo-

me apie Berlyną, jo istoriją, žmonių skaudžiai išgyventus Hitlerio valdymo ir Antrojo pasaulinio karo metus, paraikalavusius daugybės žmonių gyvybių, milijonų sulaužytus likimus, prarastus mokslo darbus... Berlynas iki šiol nepasičkė prieškarinio gyventojų skaičiaus. Aplankėme svarbiausias su Einšteino gyvenimui susijusias vietas, apsilankę parodoje „Einsteinas – Viatos inžinierius“ sužinojome daugybę įdomių faktų apie šio ižymaus mokslininko gyvenimą ir mokslinius darbus; supratome, koks sunkus ir atsakingas yra mokslininko gyvenimas.

Kitų ekskursijų kelias vedė į Potsdamą. Čia pasigrožėjome nuostabiais Prūsijos imperatoriaus Fridricho II Sanssouci rūmais, pasivaikščiojome didžiuliame rūmu parke.

Susipažinome ir su Vokietijos mokslinė veikla: pubuojome Fritz Haber institute, tiriančiame drugiausiai fizikinės chemijos ir elektrochemijos reiškinius, apsilankėme laboratorijoje, Čia mums parodė įvairius irenginius ir paaikiškino jų veikimo principus (didžiausią išpūdį paliko dalelių lėtinibus, kurio veikimas pagristas potencinės duobės reiškiniu). Šis institutas yra žymus visame pasaulyje. Jame buvo patobulinuta azotinių trašų gamybos technologija ir padidėjus augalų derlingumui didelė dalis Europos įveikė bado problemą, tačiau tas pats institutas karो metu gamino ir nuodingas dujas. Tai dar kartą parodė, kad mokslas yra galinčios įrankis, o kartais ginklas, nelygu kaip jį naudosime. Čia vėlgi iškyla mokslininko atsako-

mybė už savo darbus. Net ir paties Einšteino darbai sudarė galimybę plėtoti branduolinę energetiką ir sukurti prielaidas atominės bombos gamybai.

Pasklausėme prof. Hermann Nicolai (Alberto Einšteino instituto direktoriaus) paskaitos „Einšteino ne-išspūdžiusi svajonė: bendrosios lauko teorijos sukūrimas“, iš kurios greta kitų dalykų šiek tiek sužinojome apie stogų teoriją. Šios teorijos atradimas yra vienas didžiausių daugelio fizikų siekių, sugebėsiančių paaiškinti visus fizinius procesus, vykstančius mūsų pasaulyje. Tačiau kol kas tai tėra ne-išspūdžiusi svajonė, ir jos įgyvendinimas priklausys nuo ateinančių kartų pastangų. Taigi dabar labai svarbu jaunus talentingus žmones sudominti fizika, paskatinti juos studijuoti fiziką universitetuose.

Daugiausiai išpūdžiu ir prisiminimu paliko priėmimas Vokietijos kanceliarijoje ir susitikimas su kancleriu Gerhardu Schröderiu, kuris mus visus paseikino Pasauliniu fizikos metų progą ir palinkėjo įdomios mokslinės ateities. Kartu visi nusifotografavome atsiminimui. Įdomi ir išpūdinga buvo priespaskutinė renginio diena, kai apsilankėme BMW motociklų gamykloje ir išvydome visą gamybinių procesų nuo pat pradžios ligi surinkto motociklo patikrinimo. Gamybinių proceso metu dirbo ir keletas robotų, kurių darbą mums buvo tikrai įdomu ir neįprasta stebėti.



Susitikimas su Vokietijos Kancleriu Gerhardu Schröderiu

Tos pačios dienos popietę nukeliauome į Moksľu apie gyvąją gamtą laboratoriją, kurioje savarankiškai galėjome atlikti bandymų iš DNR replikacijos. Vienas bandymas buvo išskirti savo paties DNR molekulę, o kitas – atpažinti, kuri iš triju DNR buvo tapati pasirinktajai. Taigi pirmą kartą atlikome tokį įdomų ir vis dažniau praktiškai naudojamą laboratorinių darbų.

Šio renginio metu susipažinome su daugeliu jaunuų fizikų iš kitų šalių. Auga nauja fizikų karta, kuri ateityje turėtų bendradarbiauti. Manome, kad naujos pažintys ir draugai padeda plėsti akiratį, suprasti ir pažinti kitų šalių žmones. Juos pažįstant ateityje bus lengviau bendradarbiauti.

Norime ypač padėkoti Teorinės fizikos ir astronomijos instituto darbuotojui prof. P. Bogdanovičiui, kuris negailėdamas skyrė mums savo laisvą laiką, padėjo geriau pasirengti tarptautinei fizikos olimpiadai ir palaikyti ryšius su šio nuostabaus renginio organizatoriais. Tai buvo pirmas toks renginys, kuriame mums teko dalyvauti, ir per šį šešias dienas trunkantį susitikimą sužinojome apie mokslinių gyvenimą, apie Einšteino asmenybę daugiau nei per visus mokyklos metus. Ši svarbi patirtis mums dar kartą parodė, kad pasirinkome teisingą kelią mokymamiesi fizikos, ir galbūt kada nors ateityje mums pavyks įnešti savo indėlį į šį moksľą.

FIZIKA UNIVERSITETE

Ramūnas ALEKSIJEJŪNAS, Kęstutis JARAŠIŪNAS
Vilniaus universiteto Medžiagotyros ir taikomųjų mokslų institutas

PUSLAIDININKIŲ TYRIMAS DINAMINIŲ DIFRAKCINIŲ GARDELIŲ METODU

Puslaidininkinė optoelektronika yra palyginti nesena ir sparčiai besiplečianti fizikos sritis. Jos nuolatinį augimą per pastarajį dešimtmetį lėmė itin sparti telekomunikacijų ir informacių technologijų plėtra, reikalaujanti naujų duomenų perdavimo, saugojimo ir atvaizdavimo būdų, kuriems reali-

zuoti yra naudojami puslaidininkiniai lazeriniai diodai, šviestukai ir jutikliai. Ivairus spektrinio diapazono, dideles galios šviestukai pastaraisiais metais pradėti naudoti apsvietimui, skirti ultravioletinės srities puslaidininkiniai lazeriniai diodai yra labai laukiami biologijoje, chemijoje ir saugos

tyrimuose, kai tenka aptikti ar atpažinti biologiskai ir chemiškai aktyvias medžiagas. Didelės galios elektronikoje nauji puslaidininkiai jau pradeda konkuruoti su silicio gaminiais. Optinės elektronikos pramonėje vis plačiau naudojami plokštėsjei vaizduokliai kompiuteriuose ir mobiliuose telefo-

nuose, skaitmeninėse fotokamerose, televizoriuose ir pan.

Optinės elektronikos sėkmės pagrindą sudaro naujos, labai kokybiškos medžiagos ir jų dariniai, pasižymintys naujomis savybėmis. Didžiausias akstinas optoelektronikos plėtrai, be abejio, buvo plačiai tarpu galio nitrido (GaN) ir silicio karbido (SiC) junginių gamybos tobulinimas, ir sparčiai plėtojamos II – VI (CdZnTe) bei III – V (GaAs, InP) puslaidininkai bei jų pagrindu padarytų kvantinių darinių gamybos technologijos. Svarbi naujų medžiagų gamybos ir tobulinimo grandis yra jų optinių ir elektromagnetinių parametrų tyrimas ir nustatymas, sutiekiantis atgalinį ryšį gamintojams ir galimybę sukurti norimų parametru gaminius. Jvairiapuskai ištirti medžiagas ir jas apibūdinti yra gana sudetinga. Tam reikia kompleksinių tyrimų ir jvairiu matavimo metodikų.

Vieni svarbiausių optinės elektronikos prietaisų parametrų yra nepusiausviruju krūvininkų gyvavimo trukmė ir judris, arba krūvininkų difuzijos nuotolis, lemtantis tu prietaisų efektyvumą ir dažnai naudojamas kaip parametras medžiagos kokybei nusakyti. Nepusiausviruju krūvininkų dinaminiams savybėms tirti yra taikomi optiniai žadinimo ir zondavimo metodai, kuriais pasiekiamta itin aukšta matavimų laikinė ir erdvinė skyra. Tyrimai bekontakciai ir neardo bandinio. Iš šių metodų galima paminėti pralaidumo, atspindžio, fotoluminescencijos, er-

vinės formas kitimo (Z-scan) ir dinamių difrakcinių gardelių metodas. Pastarasis metodas pasižymi kelias unikalais privalumais ir jau kelis dešimtmiečius yra naudojamas puslaidininkinių medžiagų optoelektrinių savybių tyrimams Medžiagotyros ir taikomų mokslo instituto Optoelektronikos skyriuje, vadovaujant prof. hab. dr. Kęstučiui Jarašiūnui.

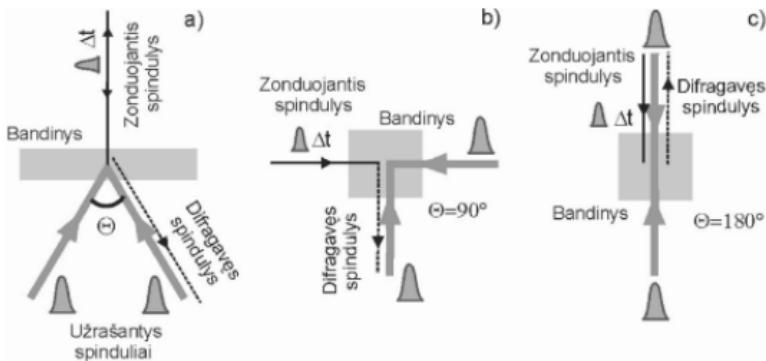
Dinamių difrakcinių gardelių metodas pagrįstas tiriamojo bandinio žadinimu interferenciniu šviesos lauku, kuris yra suformuojamas dviem koherentinių lazerio spinduliu sankirtos vietoje. Interferenciniu lauko periodo $\Delta\tau = \lambda/2\sin(\Theta/2)$ priklauso nuo žadinimo šviesos bangos ilgio λ ir sankirtos kampo Θ , todėl gali būti lengvai keičiamas. I paveiksle yra pateiktos kelios galimos optinės eksperimento konfigūracijos, kuriomis gali būti pasiektos visos įmanomos gardelės periodo vertės ($\lambda/2n \leq \Delta\tau \leq \lambda$). Dėl netiesinės šviesos ir puslaidininkio sąveikos erdviskai moduliuoto intensyvumo interferencinis laukas sudarys tokio pat periodiškumo lūžio rodiklio moduliaciją $\Delta\tilde{n}$, kitaip sakant, užrašys difrakcinę gardelę. Jei naudojamų lazerio impulsų energija nėra pakankama didelė medžiagos sandarai suardyt, tai difrakcinė gardelė bus nemuoštovi (dinaminė) ir išnyks, kai apšviesčiasi puslaidininkis grįš į nesužadintą būseną. Dinaminė gardelė yra tiriamą matuojant trečio silpo spindulio (zondo) difrakcijos energiją, kuri kie-

kybiškai apibūdinama difrakcijos efektyvumu η . η apibräžiamas kaip difragavusios ir nedifragavusios zondo dalių energijų santykis ir yra proporcingas kompleksinio lūžio rodiklio moduliacijos amplitudės kvadratui,

$$\eta = I_D/I_T \propto \Delta\tilde{n}^2$$
.

Dinaminės gardelės irimo kinetika $\eta = \eta(\Delta\tau)$ išmatuojama palaiapsniu keičiant zondo optinį kelią ir matuojant difrakcijos efektyvumo pokyčius kiekvienai vėlinimo vertei. Gardelės irimo kinetika tam tikru laiko momentu nusakoma momentine gardelės irimo trukme, gauta išmatuotą priklausomybę aproksimujant vienos eksponentinės irimo funkciją $\eta = \exp(-2t/\tau_g)$. τ_g atspindi puslaidininkijoje vykstančių krūvininkų rekombinacijos ir difuzijos spartą. Difuzijos sparta yra gardelės periodo $\Delta\tau$ funkcija, todėl išmatavus difrakcijos efektyvumo kampines priklausomybes $1/\tau_g = f(\Lambda^2)$ galima atskirti rekombinacijos ir permašos įtaiką ir išmatuoti krūvininkų gyvavimo trukmę bei dviolypį difuzijos koeficientą. Ši savybė yra bene didžiausias dinamių difrakcinių gardelių metodikos privalumas. Krūvininkų generacijos ir rekombinacijos ypatybų tyrimai labai informatyvi yra η priklausomybė nuo žadinimo energijos srautu tankio I: $\eta = \eta(I)$.

Priklausomai nuo medžiagoje vykstančių procesų, kompleksinio lūžio rodiklio pokytį lemia realiosios dalies (lūžio rodiklio) arba menamosios dalies (sugerties koeficiente) modu-



I pav. Dinamių difrakcinių gardelių eksperimento optinės konfigūracijos: (a) plonų gardelių atvejis; (b) konfigūracija didelio storio tūriamams bandiniams tirti; (c) priešpriešinis užrašančių spinduliu suvedimas ($\Lambda = \lambda/2n$).



2 pav. Iš kairės i dešinę: prof. K. Jarašiūnas, doktorantas A. Kadys ir dr. D. Verstraeten (Lježo universitetas, Belgija) atlieka fotorefraktyvių ZnTe kristalų tyrimus Medžiagotyros instituto Optinės diagnostikos laboratorijoje

liacija. Pirmuoju atveju kalbama apie fasinę, antruojу – apie sugerties gardeľę. Fazinė gardelė gali būti nulemta laisvujų krūvininkų (paprastai išreiškiama pasitelkiant pusiau klasikinių Drudės ir Lorencio modelį, kuriame lūžio rodiklio moduliacijos amplitudė yra proporcinga nepusiausviržių krūvininkų koncentracijai, $\Delta \approx \Delta N$) arba elektrooptinio efekto (stebimo fotorefraktyviuoje medžiagose, kur lūžio rodiklio moduliacija $\Delta\tilde{t}$ atsiranda dėl vidinio erdvinių krūvio lauko, $\Delta\tilde{t} \approx \Delta E$). Lūžio rodiklio pokyčius gali sukelti ir temperatūrinė gardelė ΔT , susiformuojant esam dideliams šviesos kvantu energijos pertekliai. Sugerties gardelė atsiranda apšviestose bandinio vietose pakitus sugerties koeficientui (dėl fasinės erdvės pildymo kvantiniuose dariniuose, išotonus fotoaktyvius defektų lygmenis ir pan.). Reikėtų paminti, kad kvadratinė difrakcijos efektyvumo priklausomybė nuo lūžio rodiklio moduliacijos nulemia didesni metodikos jautri, palyginti su kitais minėtais žadimino ir zondavimo metodais. Ypač tai pasakyta apie procesus, vykstančius medžiagos skaidrumo srityje, kai generuojamų laisvujų krūvininkų tankiai yra nedideli.

Aprašytoji metodika yra naudojama fotoelektrinių procesų tyrimui įvairose puslaidininkinėse medžiagose ir

dariniuose. Pirmieji tyrimai buvo atliekami silicio ir galio arsenido tūrijuose kristaluose, sužadinimui naudojant nanosekundinės, o vėliau ir pikosekundinės trukmės IAG:Nd³⁺ lazerio impulsus ties 1064 nm. Pavariniai procesai buvo tyrinėjami naudojant antrają IAG:Nd³⁺ lazerio harmoniką (bangos ilgis 532 nm). Šiuo metu plačiai tarpiams kristalamas žadinti naudojamos ir aukštėsnės harmonikos (355 nm, 266 nm) bei derinamo bangų ilgio parametrinių lazeriai. Atlickami išsamūs gilių defektinių lygmenų įtakos kristalų optinėms ir elektrinėms savybėms tyrimai GaAs ir ZnCdTe kristaluose, fotoelektriniai procesai skirtinai augintuose (MOCVD, ELO, HVPE auginimo technologijomis) GaN dariniuose, legiravimo būdo ir apšvitinimo greitais elektronais ir protonais įtaka ir kt. 2001–2004 m. NATO Mokslo komitetimo programos „Mokslas – taikai“ lėšomis (apie 700.000 Lt) buvo pradėta atnaujinti techninė laboratorijos įranga: įsigytų trys nauji firmos EKSPLA pagaminti pikosekundinės ir nanosekundinės trukmės lazeriai ir optimis parametrinių generatorius, kuriuo galima gauti 23 ps trukmės impulsus, kurių bangos ilgis nuo 420 iki 2000 nm. Uždaro ciklo helio kriostatu galima keisti bandinio temperatūrą 10–350 K diapazonu. Iš šiuo metu atlickamų darbų galima

būtum paminėti nepusiausviržių krūvininkų dinamikos tyrimus GaN, SiC, ZnTe ir GaAs kristaluose ir sudėtinguose, defektų ir skirtingu rekombinacijos kanalų įtakų krūvininkų difuzijos nuotoliui įvairiose temperatūrose, fotorefraktyvių CdTe ir ZnTe kristalų tyrimus, elektronų sukių dinamikos tyrimus InGaAs/GaAs dariniuose ir kt. Deja, visos tiriamosios medžiagos yra gaminamos ne Lietuvoje, tačiau Europos Komisijos tikslinės paramos SELITEC, koordinuojančio nacionalinio Puslaidininkų Optoelektronikos jungtinio centro plėtrą Lietuvoje, projekto dėka buvo užmegzti

glaudūs ryšiai su Europos, Jungtinėmis Amerikos Valstijų ir Japonijos aukštuosius technologijų centrais ir universitetais. Galima būtum paminėti tokias kompanijas kaip AIXTRON, LUMILOG, „Sensor Electronic Technology“, Makso Borno institutą, Prancūzijos CNRS bei Linčiopingo, Pietų Karolinos, Tokijo, Lježo, Lečės universitetus. Drauge su išvardyty institucijų mokslininkais yra atlickami bendri tyrimai, kuriuos remia Europos Bendrijos, NATO „Mokslas taikai“ bei CLG programos, panaudojamos ir tarpvystybinio bendradarbiavimo lėšos. Jau ne tik mūsų mokslininkai vyksta į valkanų šalis atlikti tiriamujų darbų, bet ir tyrinėtojai iš Švedijos, Belgijos, Prancūzijos, Vokietijos bei Lenkijos mokslo centrų atvyksta į Medžiagotyros ir taikomųjų mokslo instituta, kur atlieka savo gaminamų medžiagų tyrimus čia sukurtais metodais ir modernia eksperimentinė įranga. Užmegzti glaudūs ryšiai su Lietuvos aukštuosius technologijų įmone EKSPLA, kuri dažyavo kuriant HOLO prietaisą ir papildė juo savo gaminijų sąrašą. Priešais veikimus pagrįstas dinaminiai difrakciniai gardelių metodų, jis naudojamas nepusiausviržių krūvininkų parametru puslaidininkiuose matavimams. Toks prietaisas sėkmingai naudojamas JAV Rentscelerio politechnikos institute nitridinių junginių diagnostikai.

Gediminas JUZELIŪNAS

Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas

DIRBTINIS MAGNETINIS LAUKAS LABAI ŠALTU ATOMU DUJOSE

Labai šaltos atomų dujos sulaikė didelio mokslinės visuomenės susidomėjimo nuo 1995 m., kai buvo sukurti pirmieji atomų Bozės ir Einšteino kondensatai (BEC). Už tai amerikiečiams E. Cornell'ui ir C. Wieman'ui (Colorado universitetas) bei vokiečiu W. Ketterle, dirbančiam Masačiusetso technologijos institute, buvo paskirta 2001 m. fizikos Nobelio premija [1]. Kitą vertus, 1999 m. D. S. Jin (Colorado universitetas) laboratorijoje buvo pirmą kartą sukurto atomų išsigimusios Fermi dujos [2]. Tick atomų BEC, tick išsigimusios Fermi dujos susidaro atšaldžius atomų dujas maždaug iki 10^{-7} K, o tai keliadesimt milijonų kartų žemesnė temperatūra už reikalingą skystajam helium gauti.

Tai kuo gyptinges labai šaltos atomų dujos? Iprastomis sąlygomis (pvz., kambario temperatūroje) dujas sudarantys atomai elgiasi kaip klasinių dailelės, t.y. lyg daugybė atsikit-

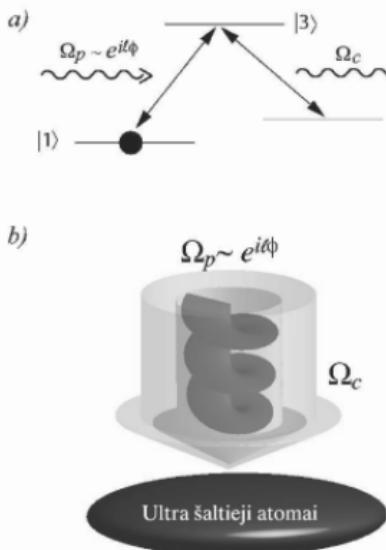
tinai judančių biliardo kamuoliukų, kurių vidutinė kinetinė energija yra proporcinga absolūciajai temperatūrai T. Esant gerokai žemesnči temperatūrai (pvz., mikrokelvino eilės), pradeda reikštis atomų masių centro judėjimo banginės (kvantinės) savybės. Remiantis 1924 m. suformuluotu de Broilio postulatu, atomas yra medžiagos banga. Tokios bangos ilgis yra proporcingas Planko konstantai ir atvirkščiai proporcingas atomų masės ir greičio sandaugai $\lambda = h/mv \propto T^{-1/2}$. Todėl atomus galima įsivaizduoti kaip de Broilio bangų paketus, kurių plotis yra bangos ilgio eilės. Mažėjant temperatūrą, banginių paketu plotis didėja. Pasiekus kritinę temperatūrą, de Broilio bangos ilgis pasidaro pakankamai didelis, todėl skirtingu atomų bangos pradeda persikloti ir atomai ima jausti vienas kita. Tuomet duju savybės priklauso nuo jas sudarančių atomų tipo. Jeigu atomų sukinio kvantinis skaičius yra sveikas, atomai vadinami bozonais, o jeigu pusinis – fermionais. Pavyzdžiui, ^6Li atomai yra bozonai, o ^7Li – fermionai. Bozonai žemėje temperatūroje yra linke kauptis ir būti vienos kvantinės būsenos, todėl labai žemos temperatūrose ir susiformuoja gigantinė (kolektivinė) atomų banga – Boze ir Einšteino kondensatas. Jo visi atomai yra tos pačios kvantinės būsenos.

Kitą vertus, fermionams galioja Paulio draudimo principas, kuris jiems neleidžia užimti tą pačią kvan-

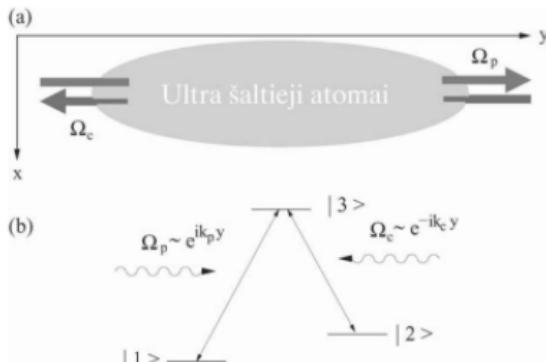
tinę būseną. Taigi, esant pakankamai žemai temperatūrai, susidaro išsigimusios Fermi dujos, kuriose atomai užima žemiausius gaudyklės lygmenis, panašiai kaip elektronai metaluose užima žemiausius laidumo juostos lygmenis iki Fermi lygmens.

Atomų BEC ir išsigimusios Fermi dujos yra sistemos, kur susikerta atomo ir kietojo kūno fizika. Skirtingai nuo kietujų kūnų, šaltose atomų dujose galima gana lengvai keisti sistemos parametrus, pvz. gaudyklėje esančių atomų skaičiu, gaudyklės potencijo forma ir atomų tarpusavio sąveikos stiprumą, o tai jau yra nemažas privalusmas. Kadangi atomai yra elektriškai neutralios dailelės ir magnetiniame lauke judančiu atomu neveikia Lorento jėga, todėl nėra tiesioginės analogijos su elektronų kristalose magnetinėmis savybėmis. Magnetinis laukas yra būtinas daugeliui įdomių kietojo kūno efektų, pavyzdžiui, kvantiniam Holo efektui, todėl norint stebėti šiu efekta analogus atomų dujose, reikia tam tikrų būdu jose sukurti dirbtinių magnetinių laukų, veikiančių elektriškai neutralius atomus. Paprastai tai atliekama su kant atomų gaudyklę cikliniu dažniu Ω [3]. Tuomet besisukančioje koordinacių sistemoje atomus veikia Korriolio jėga, kuri yra ekvivalenti vienalyčiam magnetiniame lauke elektrinėms dailelėms veikiančiai Lorento jėgai. Pavyzdžiui, tokiu būdu atomų Boze ir Einšteino kondensatuose yra suformuojama sūkurių gardelė [3]. Suktu atomų gaudyklę yra gana sudetinga ir ne visada patogi procedūra. Be to siu metodu galima sukurti tik vienalyčių, vienodai visų rūšių atomus veikiančių dirbtinių magnetinių laukų.

Nesenai VU Teorinės fizikos ir astronomijos instituto fizikai G. Juzeiliūnas ir J. Ruseckas kartu su kolegomis P. Öhbergu iš Glasgow Strathclyde universiteto (Škotija) ir M. Fleischhaueriu bei A. Kleinui iš Kaiserslauterno technikos universiteto (Vokietija) pasiūlė naują metodą dirbtiniams magnetiniams laukui sukurti [4–7]. Pir-



I pav. Dirbtinio magnetinio lauko šaltose atomų dujose sukurimas, jas paveikus dviem lazerių pluoštais, vienas kurių turi orbitinį judesio kiekio momentų išilgai sklidimo krypties



2 pav. Dirbtinio magnetinio lauko sukūrimas, naudojant du priešpriešais sklindančius ir vienas kito atžvilgiu paslinktus šviesos pluoštus

mūsiaus buvo parodyta, kad dirbtinis magnetinis laukas šaltose atomų dujose gali atsirasti, jas paviekius dvem 1 pav. pavaizduotais lazeriu pluoštais, vienas kurių turi orbitinių judesio kiekiei momentų išilgai sklidimo krypties [4,5]. Skirtingai nuo plokščių elektromagnetinių bangų, kuriose pastovios fazės paviršius yra plokštuma, statmena sklidimo krypciai, orbitinių judesio kiekiei momentų turinčių šviesos pluoštai pastovios fazės paviršius yra sraigtas (žr. 1b pav.). Todėl tokie pluoštai kartais vadinami susuktais šviesos pluoštais.

Darbuose [4,5,7] buvo ištirta situacija, kai du lazerio pluoštai rezonansiskai veikia atomus, apibūdinamus trimis energijos lygmenimis (žr. 1a bei 2b pav.). Pirmas pluoštas sukelia optimius šuolius tarp pagrindinių elektroninės būsenos 1 ir sužadintos elektroninės būsenos 3, o antrasis šviesos pluoštas sukelia šuolius tarp papildomos, kitą sukinio projekciją turinčios, pagrindinės būsenos 2, ir su-

žadintos elektroninės būsenos 3. Veikiant abiem pluoštams, atomas yra įvaromas į jo tamšią būseną – ypatingą dviejų pagrindinių būsenų 1 ir 2 superpoziciją, kurioje optiniai šuoliai 1–3 bei 2–3 vienai kitą naikina, tad sužadintas atomo lygmuo neužsipildo ir todėl nevyksta sugertis. Kadangi lazerio pluoštų amplitudės ir fazės kintra erdvėje, kickvieną erdvės tašką atitinka vien kita tamši būsenai. Judėdamas erdvėje, atomas laipsniškai perinei iš vienos tamšios būsenos į kitą. Taigi kinetinį atomo energiją lemia tiek jo judėjimas erdvėje, tiek su tuo susijęs vidinės būsenos kitimas. Esant tinkamoms sąlygomis, vidinės būsenos kitimas gali sukelti jėgą, kuri yra ekvivalenti magnetiniame lauke judančius krūvininkus veikiančiam Lorenco jėgai, t.y. gali atsirasti dirbtinis magnetinis laukas. Dirbtinis magnetinis laukas susidaro, kai lazerio pluoštai vienas kito atžvilgiu turi judesio kiekiei momentą, pvz., jeigu vienas iš lazerio pluoštų turi orbitinių judesio kie-

kio momentą išilgai sklidimo krypties, o kitas neturi [4,5]. Dirbtinį magnetinį lauką galima sukelti ir naudojant du priešpriešais sklindančius ir vienas kito atžvilgiu paslinktus šviesos pluoštus [7], pavaizduotas 2 pav. Tokie pluoštai vienas kito atžvilgiu turi orbitinių judesio kiekiei momentą, panašiai kaip judesio kiekiei momentą vienas kito atžvilgiu turi du kosmose prasilenkančias asteroidas.

Parenkant tinkamus šviesos pluoštus, galima sukurti reikiamas formos dirbtinių magnetinių laukų [5,7]. Be to, panaudojus papildoma trečią lazerio pluošta (žr. 3 pav.), susidaro situacija, kai atomai turi dvi tamšias būsenas [6], o dirbtinis magnetinis laukas skirtingai veikia atomus, esančius kiekvienoje iš šių tamšių būsenų. Tuomet dirbtinis magnetinis laukas yra apratomas neabeliniai kalibrutiniais potencialais [6], kurie yra naudojami elementariųjų dalelių teorijoje. Taigi labai šaltų atomų fizika turi salyčio tarpukų su labai didelių energijų fizika.

1. G. Juzeliūnas ir M. Mašalas. 2001 metų fizikos Nobelio premija // Fizikų žinios, Nr. 21, 8 (2001).

2. D. DeMarco ir D. S. Jin, Science 285, 1703 (1999).

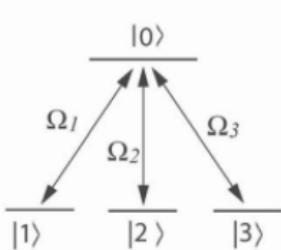
3. A. Alftalion, X. Blanc ir J. Dalibard, Phys. Rev. A71, 023611 (2005).

4. G. Juzeliūnas ir P. Öhberg, Phys. Rev. Lett. 93, 033602 (2004).

5. G. Juzeliūnas, P. Öhberg, J. Ruseckas ir A. Klein, Phys. Rev. A71, 053614 (2005).

6. J. Ruseckas, G. Juzeliūnas, P. Öhberg ir M. Fleischhauer, Phys. Rev. Lett. 95, 010404 (2005).

7. G. Juzeliūnas, Öhberg, J. Ruseckas ir M. Fleischhauer, pateikta Phys. Rev. A.



3 pav. Dirbtinio magnetinio lauko sukūrimas trim šviesos pluoštais, sukeliančiais optimius šuolius iš trijų pagrindinių būsenų 1, 2 ir 3 į sužadintą elektroninę būseną 0

Justinas BAUŽYS

VU Fizikos fakulteto studentų mokslinės draugijos valdybos narys

VILNIAUS UNIVERSITETO FIZIKOS FAKULTETO STUDENTŲ MOKSLINĖS DRAUGIJOS ATGIMIMAS

1989 m. politinė padėtis užpūtė ilgametę VU Fizikos fakulteto studentų mokslinės draugijos (FF SMD) veiklos liepsną. Daugiau nei 50 metų tradicijos ir patirtis dingo istorijos verpetuose ar slipy kai kuriu dėstytoju širdyse, tačiau studentų meilė didžiajai Fizikai neįšlelo ir nickada neišblės. Mūsų šukis – „Mūsų nedaug, bet mes fizikai!“.

2004 metų vasaros pabaigoje vėl buvo ižiebtas FF SMD liepsna. Aplink ją susibūrė veiklūs studentai, kurie ėmė rūpintis fizikos populiarinimui ir savo profesinių sugebėjimų ugdomu. Pirmieji žingsniai visada sunkūs, bet tvirti. Sutvarkyti teisiniai formalumai ir sukurti visi reikalingi visuomeninės organizacijos ilgo gyvavimo pagrindai. Dabar didžiuodamiesi savo pracitimis galime siekti išpūdingos ateteis.

Kasdieniniai FF SMD darbai yra seminarų, konferencijų, ekskursijų ir referatų fizikos temomis bei projektų, populiarinančių fiziką, rengimas. Pracitais studijų metais FF SMD suorganizavo daugiau nei 10 seminarų ivairiomis temomis. Bendradavome su mokslininkais, įvairių aukštųjų technologijų įmonių direktoriais, suorganizavome fizikos studentų olimpiadą ir prisidėjome prie Mokslo festivalio (kartu su Lietuvos mokslo akademija ir dr. R. Maskoliūnu) ir Laisvuų skaitymu 2005 konferencijos.

Tikriausiai visiems fizikams ne pašaptis, kas yra Laisvijų skaitymai. Tik pirmakursiams galime trumpai paaškinti, kad tai studentų mokslinių darbų konferencija. Joje pirmuoju žingsniu žengia būsimieji Lietuvos mokslininkai. 2005 m. konferencijoje savo darbus pristatė net 50 studentų, tarp jų ir keletas magistrantų. Dalyvavo svečias iš Chemijos fakulteto prof. habil. dr. Aivaras Kareiva, kuris papasakojo apie savo mokslinius darbus. Studentai pristatė darbus, atliktus visose FF katedrose ir institutuose, todėl pranešimų tematika buvo labai įvairia. 2005 m. konferencijoje išgirdome apie fraktalų auginimo subt-

lybes, molekulių dinamikos modeliavimo ypatumus, buvo pateiktos įvairios medžiagų atpažinimo ir apdorojimo metodikos, prietaisų konstrukcinių sprendimai. Apibendrinami galime sakytis, kad išsamiai susipažinoje su didžiaja Lietuvos fizikos darbų dalimi... Tikimės, kad darbų mūsų renginiuose tik daugės, o jų kokybė neblogės.

Labai puiku, kad kiekvienais metais vis daugėja II ir III kurso studentų darbų, kuris savo kokybe ne tik neunesiudė vyresniųjų darbams, bet kai kurie netgi lenkia. Tai didelis komplimentas laboratorijų darbuotojams ir dėstytojams, kurie sugeba ne tik sudominti jaunesniuosius kolegas, bet ir nepaliękia jų šalia laboratorijų durų su storomis knygomis. Kantrybė – doybė. Tai turėtų atsiminti jaunesniejį kolegosi ir per anksti nenusivilti, jeigu laboratorijoje negauna rimtesnių darbų. Ateis ir jūsų laikas ...

Patirtis, kurią igyja studentai pristatydami savo darbus ir diskutuodami dėl jų teiginii, yra neįkainuojama. Dar vienas iš daugybės konferencijos pliusų yra tai, kad jaunesnieji studentai turi proga susipažinti su darbais mokslinės laboratorijose, o tai padeda apsispręsti ir pasirinkti labiausiai patinkančią fizikos sritį. Planuojame kitų metų konferenciją išplėsti ir iš ją pakviesi fizikus iš kitų šalių. Bandysime pakviesi ir kitų sričių studentų. Tikimės, kad lenginys su pertrau-

komis menantis daugiau nei 50 metų istorija, toliau džiugins ir įkvėps daugelių žmonių.

FF SMD ateitis siejama ne tik su Laisvuų skaitymų konferencija. Šią vasarą tapome Tarptautinės fizikos studentų asociacijos (International Association of Physics Students) Lietuvos atstovais. Padedant šiai organizacijai tikimės užmegzti ryšius su kitų šalių panašiomis organizacijomis. Greitai tapsime Lietuvos jaunuų mokslininkų sąjungos nariais ir tikimės perimti jų sukauptą patirtį, einant mokslo kelio. Šiuo metu esame numatai prisiėdėti prie fizikos įvairių sričių uždavinynų studentams parengimo, konstruojame įrenginius įdomiems fizikos demonstraciniams eksperimentams. Bendraudami mokome vieni kitus. Greitai tikimės savo žiniomis dalytis ir su moksleiviais, būsimais Fizikos fakulteto studentais.

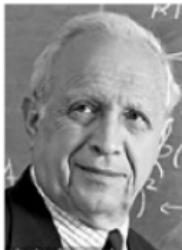
Pabaigai pacituosiu garsų fizikos mokslininkų ir pedagogą R. Feinmanną (R. Ph. Feynman), „Fizika yra tarasi seksas, jis tikriausiai gali duoti praktinių rezultatų, bet ne todėl mes tai darome“ („Physics is like sex: sure it may give same practical results, but that's not why we do it“). Baigiant šia gaidą, reikia tik pridurti, kad FF SMD myli fiziką, todėl jeigu Jums, miecieji fizikai, reikia pagalbos kreipkitės, mes tikrai padésime. Mūsų paskirtis – daryti taip, kad „išsiplūdtų visos fizikų svajonės“.



Fizikos fakulteto studentų mokslinė draugija 2004–2005 m.

NOBELIO PREMIJA

2005 m. fizikos Nobelio premiją laimėjo mokslininkai iš JAV R. J. Glauber (g. 1925) ir J. L. Hall (g. 1934) bei fizikas iš Vokietijos T. W. Hänsch (g. 1941). R. J. Glauber ($\frac{1}{2}$ premijos) – už indėlį į kvantinę optinio koherentiškumo teoriją; J. L. Hall ir T. W. Hänsch (po $\frac{1}{4}$ premijos) – už indėlį plėtojant tiksliajų lazerinę spektroskopiją, apimančią ir optinio dažnio šukų metodą.



Roy J. Glauber
Harvardo universitetas



John L. Hall
Kolorado universitetas



Theodor W. Hänsch
Makso Planko institutas ir
Miuncheno universitetas

JUBILIEJUS

SVEIKINAME JUBILIATĄ

2005 M. GRUODŽIO 5 D. LIETUVOS MOKSLŲ AKADEMIJA, PUSLAIDININKIŲ FIZIKOS INSTITUTAS IR VISA LIETUVOS MOKSLINĖ VISUOMENĖ PAMINĘ ŽYMAUS MOKSLININKO IR VISUOMENĖS VEIKĖJO, BUVUSIO LIETUVOS MOKSLŲ AKADEMIJOS PREZIDENTO, PUSLAIDININKIŲ FIZIKOS INSTITUTO IKŪRĖJO IR ILGAMETČIO JO DIREKTORIAUS AKADEMIKO **JURO POŽELO 80-METĮ.**

Sveikindami akademiką šio gražaus jubiliejaus proga, matome jį produktyviai dirbantį mokslinių darbų, dalyvaujantį mokslinėse konferencijose ir visuomeninėje veikloje.

Mokslinio kelio pradžioje jam teko laimėti būti žymas mokslininko, puslaidininkų fizikos Rusijoje pradininko ir organizatoriaus A. Jofės mokiniu. A. Jofės pasiūlyta disertacijos tema – puslaidininkų stipriuojuose elektriniuose laukuose tyrimas – tapo visos J. Poželos tolesnės mokslinės veiklos pagrindu. Šie tyrimai buvo glaudžiai susiję su naujos mokslo ir technikos šakos – puslaidininkinės elektronikos – plėtra.

Fundamentalūs J. Poželos karštujų elektrom., kietojo kūno plazmos ir srovės nestabilumų puslaidininkiuose tyrimai sudarė sąlygas atrasti tokius naujus reiškinius, kaip karštujų elektroņų emisija, termoelektravaros jėga, injektoriai ir triukšmai, elektroņo lauko gradienčio reiškiniai, neigiamoji varža ir kt.

J. Požela su bendradarbiais sukūrė naujus puslaidininkų kontaktės diagnostikos metodus, pagrįstus mag-



netinių plazminų bangų sklidimo ypatybėmis. Pastaraisiais metais J. Požela daugiausia tyrinėja dvimačių puslaidininkinių darinių savybes.

J. Požela yra 9 monografijų, per 400 mokslinių straipsnių ir apie 100 išradimų autorius. Jis parengė per 40 mokslos daktarų, kurių daugelis gerai žinomi mokslo pasaulyje. J. Požela puikiai derina mokslinę ir mokslinę-organizacinę veiklą. Būdamas Lietuvos mokslų akademijos prezidentu, jis didelių dėmesį skyrė fundamentinių tyri-

mų plėtrai, mokslinių kadru ugdymui, mokslo-tiriamųjų institutų materialinės-techninės bazės stiprinimui. J. Poželos Vilniuje sukurtais ir jo vadovaujamais Puslaidininkų fizikos institutas tapo ir buvo pripažintas pasaulinio lygio moksliniu centru.

J. Poželos mokslinė veikla igavo platų tarptautinį pripažinimą. Jis yra Rusijos MA akademikas, Europos akademijos (Londonas, Anglija) ir Europos mokslų ir menų akademijos (Zalcburgas, Austrija) narys, Tarptautinio mokslinės kultūros centro – Paulslio laboratorijos (Lozana, Šveicarija) Lietuvos skyriaus prezidentas. Jis išrinktas A. Jofės fizikos technikos instituto garbės nariu.

Už žymius mokslinius laimėjimus ir aktyvią visuomeninę veiklą J. Poželai suteikioti garbingi vardai ir apdovanojimai.

Nuoširdžiai sveikiname Jurą Poželą jubiliejaus proga, didžiuojamės, kad buvome ir esame greta, linkime stiprios sveikatos, laimės ir naujų kūrybiinių laimėjimų.

MOKINIAI IR KOLEGOS

Algirdas ŠILEIKA
Lietuvos mokslo akademija

AKADEMIKAS JURAS POŽELA – VIENOS ŽYMIASIŲ FIZIKOS MOKYKLŲ IKŪRĖJAS

Juras Požela gimė 1925 m. gruodžio 5 d. Maskvoje, kur prabėgo jo nėlengva vaikystė. Tėvas Karolis Požela, studijavęs mediciną, vėliau ekonomiką, profesionalus revoliucionierius, 1926 m. buvo sušaudytas už pogrinidę veiklą po tautininkų perversmo Lietuvoje, motina – rašytoja Eugenija Tautkaitė, baigusi M. Gorkio literatūros institutą – stalininių represijų metu 1937 m. buvo suimta ir ištremta į lagerius Kazachstanc.

Pradėjės mokytis Juras ypač domėjosi matematika, technika, mokslinę fantastinę literatūrą. 1941 m. prasidėjęs karas nutraukė jo mokslus. Teko išmokti dirbtinių teknikų, tekinimo staklių derintojų. Net ir 18 metų nesulaukęs išėjo savanoriu į karą, tarnavo 16-oje lietuviškoje divizijoje, kurių vienas pulkas po karo apsistojė Vilniuje. Atnirado galimybę testi mokslius 4-toje Vilniaus miesto gimnazijoje. Būdamas neeilinių gabumų per metus ne tik užbaigė dvi paskutines gimnazijos klasės, bet lygiagrečiai laisvo klausytojo teisėmis studijavo Vilniaus universiteto fizikos ir matematikos fakultete. Gabiam studentui po trijų kursų 1948 m. buvo pasiūlyta testi studijas Maskvos universitete tuo metu labai aktualioje ir perspektyvioje branduolio fizikos srityje. Čia jis išgijo ir pirmuosius mokslinio darbo įgūdžius. Pamyro kalnuose zondais siuntė į stratosferą (i 19 km. aukštį) savo paties pagamintus prietaisus ir tyré kosminius spindulius. Apgynęs diplominių darbą, 1952 m. pradžioje grįžo į Vilnių. Tačiau Lietuvoje nebuvuo salygų testi pradėtus tyrimus, teko keisti mokslo kryptį.

Po tranzistoriaus sukūrimo 1948 m. labai išaugo susidomėjimas puslaidininkų tyrimais. Tuo metu Vilniaus universiteto Eksperimentinės fizikos katedros vedėjui prof. Pavilui Brazdžiuniui reikėjo apsispresti, kurioje fizikos srityje pradėti mokslinius tyrimus. Po konsultacijų su vienu žymiausiu TSRS kieto kūno ir puslaidininkų fizikos spe-

cialistu akademiku A. Jofe buvo nauta pradžių puslaidininkų tyrimus. Šieems darbams pradėti fakultete buvo tik minimali eksperimentinė bazė. Be to, akad. A. Jofe sutiko priimti J. Poželą į Leningrade esančio TSRS MA Puslaidininkų instituto, turėjusio labai stiprių mokslinį kolektyvą, aspirantūrą. Čia jis tėsė A. Jofes pradėtai labai aktualiai darbų krypti, t. y., puslaidininkų elektrinio laidojimo stipriuojuose elektriniuose laukuose tyrimus. Šie tyrimai tapo visos J. Poželos tolesnės mokslinės veikos pagrindu ir yra glaudžiai susiję su naujos mokslo ir technikos šakos – puslaidininkinės elektronikos – mokslinių pagrindų plėtrą.

1956 m. buvo apginta fizikos ir matematikos mokslo kandidato disertacija „Kai kurių puslaidininkų savybės stipriuojuose elektriniuose laukuose“, moksliniai vadovai A. Jofe ir V. Žuze. J. Požela parodė, kad germaniję stipriuojuose elektriniuose laukuose įvyksta griūtinė jonizacija ir surukiamos elektronų ir skylių poros, galinčios dreifuoti per kristalą. Užbėgant į priekį reikštų paminėti, kad po gero dešimtmecio šie reiškiniai detalių buvo išnagrinėti maskviečių darbuoto ir surukinti griūtiniai diodai – aukščiausio dažnio puslaidininkiniai generatoriai pasaulyje. Už jų sukūrimą Maskvos mokslininkams ir J. Poželai 1978 m. buvo paskirta Lenino premija.

J. Poželai grįžė į Vilnių (1956 m.) puslaidininkų tyrimai stipriuojuose elektriniuose laukuose buvo praeisti ir išplėtoti, bet jau žymiai aukštėsinio techninio ir metodinio lygio. Panaujodant trumpus superaukštoto dažnio (SAD) (10 GHz) stiprijo elektrinio lauko impulsus buvo išvengta bangolaidyje esančio puslaidininkinio kristalo išilimo ir elektronų injekcijos į kontaktą. SAD metodika igalino nustatyti elektronų judrio pakitimo stipriuojuose elektriniuose laukuose dėsningumas germaniję ir siliciję ir juos paaškinti padarius prielaidą, kad pagreitintu-

elektronų temperatūrą labai pakyla, jie tampa „karštii“. Tai buvo patvirtinta naujas numatytais ir eksperimentiškai stebėtais fizikiniai reiškiniai: karštų elektronų emisija vakuumė iš silicio kristalo, žadinamo stipriais SAD elektrinio lauko impulsais; karštujų elektronų sukurti termoclektrvaros jėga į jų sukelti stiprus elektroniniai triukšmai. Visi šie stebėti fizikiniai reiškiniai buvo pristatyti tarptautinėje puslaidininkų fizikos konferencijoje Ekseryje (Anglija, 1962 m.) ir susilaikė didelio užsienio mokslininkų susidomėjimo bei aukšto įvertinimo. Miėnėtu tyrimų rezultatai buvo apibendrinti fizikos ir matematikos mokslo daktaro disertacijoje „Krūvininkų įkaitimo efekto tyrimas puslaidininkiuose ir jo taikymas radioelektronikoje“, sėkminges apgintoję 1964 m. A. Jofės fizikos technikos institute Leningrade.

Aiškinantis karštujų elektronų termoclektrvaros jėgos prigimtį buvo atrasti nauji fizikiniai reiškiniai, pavadinėti elektrogradientiniai, salygoti nehomogeniško elektronų kaitimo puslaidininkiuose. Vienas iš jdomiausių – tai dvi-gradientinių efektas, stebimas puslaidininkiniame bandinyje, turinčiame diodo ir lygintuvu schemas formą. Iš tikrujų tokis bandinys veikia kaip kinamatosios elektros srovės lygintuvas. Šis reiškinys 1977 m. buvo užregistruotas kaip TSRS atradimas Nr. 185 ir tapo pirmuoju atradimu, padarytu Lietuvoje.

J. Poželos laboratorijos mokslininkai pirmavo savo darbais, kuriuose buvo naudojama SAD metodika ir tiriamu elektroniniu procesu puslaidininkiuose stipriuojuose elektriniuose laukuose. Šiu procesu tyrimai buvo labai aktualūs, nes būtent jie lėmė dažnines tranzistorių charakteristikas, kartu ir gretacigės puslaidininkinės elektronikos, ir skaičiavimo technikos plėtrų galimybes.

Tolesnė J. Poželos mokyklos fundamentinių tyrimų kryptis ir buvo nauju



Akademikas Juras Požela su mokiniais

labai sparčių fizinių procesų, susijusių su elektronų kaitinimu stipriuoju elektriniu lauku, paieška, siekiant atrasti elektromagnetinių bangų generacijos ir stiprinimo metodus ir surūgti puslaidininkinius prietaisus netyrinėtame $10\text{--}10^4$ GHz dažnių ruože (tarp centimetrinų bangų ir artimosios infraraudonosios srities).

Pamažu J. Poželos dėmesys nukrypo į naujų darbų sritis, t. y. į plazmininių reiškinių ir srovės nestabilumų puslaidininkiuose tyrimus. Dar tebetariant karštuoju elektronus silicyje, buvo pastebėta, kad jų koncentracija priklauso nuo kristalo paviršiaus apdrojimo (paviršinių rekombinacijos centrų tipo). Stiprinant elektrinių lauką, koncentracija gali ne tik didėti, bet ir mažėti, vadinas, galima neigiamoji diferencialinė varža ir srovės nestabilumai. Atradus Gano efektą – neigiamą diferencialinę varžą galio arseenido voltamperinėje charakteristikoje stipriuojuose elektriniuose laukuose, viršijančiuose kritinį, buvo pastebėta galimybė surūgti puslaidininkinius prietaisus, veikiančius dažnių srityje iki 100 GHz. J. Požela su bendradarbiais pradėjo intensyvius teorinius ir eksperimentinius šio reiškinio tyrimus.

Netrukus buvo atrasti elektros srovės nestabilumai ir Gano efektas siaurajuosiame indžio stibido puslaidininkyje. Be to, buvo stebėti labai įdomūs fiziniai reiškiniai: absolūcioji neigiamoji varža galio arsenido kristale, kai veikiant stipriuoju SAD elektriniu lauku pastovioji srovė per kristalą teka kryptimi, priešinga įjungta nuolatinei elektrinei įtampei; elektronų atšalimas stipriajame elektriniame lauke dėl jų neclastinės saveikos su gardele.

Nauja galimybė generuoti ir stiprinti elektromagnetinius signalus 10–1000 GHz dažnių ruože buvo atrastra tariant magnetoplazminų bangų sąveikos su elektronų srautais ypatumus didelio elektrinio laidumo siaurajuosiouse puslaidininkiuose. Pasirodo, kad SAD elektromagnetinė banga į tokius puslaidininkius gali įsišķverbtik pridėjus stiprų magnetinį lauką. Pakinta ją apibūdinantys parametrai ir ji tampa magnetoplazminė banga. Buvo patobulinti magnetoplazminų bangų generavimo būdai ir sukurto naujos metodikos puslaidininkinių savybėms tirti, stebėta daug naujų reiškiniių, svarbių tariant šių bangų sąveiką su svyruvimais puslaidininkinėje plazmoje. Tai rimtas jnašas į puslaidininkinių

prietaisų tobulinimą infraraudonųjų ir submilimetrinių bangų srityse. Tačiau svarbiausias praktinis rezultatas buvo gautas panaudojant SAD techniką vienai iš plazmininių bangų rūšiui, t. y., helikonių bangų sužadinimui didelio elektrinio laidumo siaurajuosiouse puslaidininkiuose, tokiuose kaip indžio stibidas, kadmo gysiadabro teluridas. Buvo sukonstruotas ir pagamintas unikalus bekontaktis siaurajuosių puslaidininkinių elektrinio laidumo parametru matavimo automatizuotas aparatas „Hefikonas“, igalinantis su gana dideli skiriamaja geba nuskaityti puslaidininkines plokštėles, apdoroti gautos rezultatus asmeniniame kompiuterje ir pateikti rastų parametrų pasiskirstymo plokštéléje žemėlapius. Pagaminant nedidelė šių prietaisų serija buvo labai gerai įvertinta naftinio matymo prietaisų gamintojų.

Darbai iš plazmos ir srovės nestabilumų puslaidininkiuose srities buvo tiek teoriškai, tiek praktiškai aktualūs, todėl prie TSRS MA Puslaidininkų fizikos tarybos buvo organizuota nauja sekcija Plazma ir srovės nestabilumai. Atsižvelgiant į aukštą teorinį ir eksperimentinių tokiių tyrimų lygi, Lietuvos MA Puslaidininkų fizikos institute šios

sekcijos vadovu tapo akad. J. Požela, jam buvo pavesta šios srities darbus kuruoti ir koordinuoti Tarybų Sąjungoje.

Svarbus tokios veikos rezultatas – kolektyviniai darbai, kuriant *p* tipo germanio lazerius. Labai detaliai buvo ištirtos karstuičių skylių savybės *p* tipo germanijoje sukuržmintoose elektrinėme ir magnetiniame laukoose siekiant sukurti milimetrinių, submilimetrinių ir tolimių infraraudonijų elektromagnetinių bangų generavimo ir stiprinimo lazeriniu principu prietaisus. Monte Karlo metodu buvo atlirkti skaičiavimai ir parodyta lengvųjų ir sunkiuju skylių inversinės užpildos galimybė, t.y. sąlyga, reikalinga lazerinei spin-diliuotei realizuoti. Eksperimentuiskai tai buvo patvirtinta kitų mokslininkų kolektyvų. Siame penkių mokslininkų kolektyvų darbui 1988 m. buvo paskirta TSRS valstybinė premija.

Didelis J. Poželos mokyklos mokslininkų indėlis į puslaidininkinių prietaisų raidą buvo padarytas kuriant įvairius puslaidininkinius jutiklius. Tiriant išorinių veiksninių (elektrinio ir magnetinio lauko, slėgio, jonizuojančiosios spindiliuotės) įtaką puslaidininkinių kristalų elektrinėms savybėms buvo aptikta daugybė naujų efektų, kurių pagrindu sukurta daugybė įvairių puslaidininkinių jutiklių. Naujodant jau minėtą SAD metodiką elektroninių procesų puslaidininkiniuose tyrimams stipriuojuose elektriniuose laukoose buvo nustatyta, kad elektronų įkaitimas įvyksta beveik be ierijos, tad elektrinio laidumo kitimą ir karstujų elektronų termoelektravaros jėgas atsiradimą galima panaudoti trumpiems SAD elektriniams impulsams detektuoti ir jų galiai matuoti 10–1000 GHz dažnių ruože. Šioje matavimų technikos srityje Puslaidininkinių fizikos instituto mokslininkai lieka pripažintais lyderiais ir šiandien.

Be šių SAD elektromagnetinio lauko jutiklių, buvo sukurti ir magnetinio lauko jutikliai. Jų veika pagrįsta atrastu galvanomagnetiniu rekombinaciniu (GMR) efektu puslaidininkiniuose kristalose ir varizoniniu puslaidininkinių kristalų magnetovaržos tyrimų rezultatais. GMR efekto pagrindu su-

kurti jutikliai buvo labai gerai įvertinti ir panaudoti magnetinių išrašų nuskaitymo, elektros srovės bekontakčio perjungimo ir kituose prietaisuose.

Varizoniniuose puslaidininkiniuose kristaluose stebėtos G-X (lengvų ir sunkių elektronų sričių) sandūros padėties prieplausiombybės nuo slėgio pagrindu buvo sukurti naujo tipo neinerčiniai slėgio jutikliai, kurie buvo panaudoti variabilių cilindrų testinės diagnostikos aparatūrai sukurti. Varizoniniai kristalai taip pat buvo panaudoti kuriant naujo tipo jonizuojančių dalelių ir Röntgeno spindiliuotės jutiklius. Buvo pasiūlyti 3 tipai tokųjų jutiklių, kurie galėtų būti pritaikyti technikoje, ypač medicininės diagnostikos srityje.

Akademiko J. Poželos mokslinės veiklos pagrindinė gija, nusidriekianti per visus tyrimus, labai sparčių elektroninių procesų puslaidininkiniuose paieškos ir jų panaudojimas sparčiuju prietaisų kūrimui. Tačiau jis gerai suprato, kad tranzistorius yra pagrindinis elementas, nulemiantis puslaidininkinės elektronikos, kartu ir skaičiavimo technikos bei informacijos perdaivimo ir priėmimo sistemų spartą. Jis visą laiką domėjosi tranzistorių spartos didinimo problemomis ir ypač pastaraisiais 10–15 metų įnešę svarų indėli iš jų sprendimą.

Gerai žinoma, kad tranzistoriaus spartą lemia jo aktyviosios dalies geometriniai matmenys ir elektronų dreifo greitis. Milžiniška puslaidininkinės technologijos nuro tranzistoriaus sukūrimo iki šių dienų pažanga leido sumažinti tranzistoriaus aktyvios dalies matmenis nuo milimetru iki kelių dešimčių nanometru, t. y. daugiau kaip milijoną kartų. Tranzistorių sparta padidejo iki dešimčių GHz. Šia kryptimi einant tranzistorių spartos didinimo galimybės praktiškai jau beveik išnaudotos. Taigi reikia ieškoti būdų, kaip padidinti elektronų judrij ir dreifo greitį, kuris dėl elektronų sąveikos su optiniaisiais gardelėmis syvramais – optiniaisiais fononais puslaidininkiniame kristale yra apribotas ir negali būti didesnis kaip 10^7 cm/s .

Šiuolaikinė technologija igalino sūkurti sudėtingus puslaidininkinius darinius su dvimatiemis struktūromis, va-

dinamomis kvantinėmis duobėmis, kvantiniai siūliais ir net kvantiniai taškai. Akademikas J. Požela atkreipė dėmesį, kad tokiuose puslaidininkiniuose dariniuose greta elektronų galimas ir optinių fononų kvantavimas. Atliki tokiu darinių elektronų sąveikos su optiniaisiais fononais skaičmeniniai eksperimentai padėjo atrasti daugybę naujų reiškiniių, kurių dauguma jau buvo stebėti ir tiriami Rusijos, JAV, Švedijos mokslinėse laboratorijose. Svarbu nustatyti sąlygas, kuriomis elektronų dreifo greitis gali būti padintas iki 10 kartų. Vadinas, tokiu dariniu pagrindu sukurtais tranzistoriais galima būtų išsivinti dažnių sritį iki 1000 GHz.

Akademiko J. Poželos ir jo sukertos mokyklos atlirkų tyrimų aktualumas, jų indėli į puslaidininkų fizikos raidą ir praktinio panaudojimo galimybes pagrindžia didelis skaičius pranešimų, tarp jų ir kvestivų, perskaitytų tarptautinėse puslaidininkų fizikos, karstujų elektronų, puslaidininkų elektronikos, infraraudonijų ir milimetrinių bangų, nanostruktūrų fizikos ir technologijos konferencijose bei simpoziumuose. Jis paskelbė per 400 mokslinių straipsnių, paraše 9 monografijas, padarė apie 100 išradimų, parengė 48 mokslo daktarus, iš kurių 8 – habilituoti daktarai.

Mokslinė akademiko J. Poželos veikla neliko nepastebėta užsienio mokslininkų. Jis buvo išrinktas Europos akademijos ir Europos mokslų ir menų akademijos nariu, A. Jofes fizikos technikos instituto garbės nariu. J. Požela yra jo paties įkurto Tarpautinio mokslinės kultūros centro – Pasaulinės laboratorijos Lietuvos skyriaus prezidentas. Tačiau bene didžiausiu Juro Poželos mokslinės veiklos ir mokslininko įvertinimui reikytų laikytį jo išrinkimą TSRS MA tikruoju nariu 1984 m. Kruopščiai paruoštame pranešime jis sugebėjo per 20 minučių patikti ir išryškinti atlirkų fundamentinių tyrimų svarbą puslaidininkų fizikai ir praktinio panaudojimo galimybes, tobulinant puslaidininkų elektroniką ir skaičiavimo technikos elementų bazę.

Akademikas J. Požela pasižymė-

jo ir kaip puikus mokslo organizatorius. Eidamas Lietuvos MA viceprezidento (1972–1984), o vėliau prezidento (1984–1992) pareigas jis didelį dėmesį skyrė fundamentinių tyrimų plėtrai, gautų rezultatų praktiniams išdegimui, mokslinių kadru ugdymui, naujų mokslo tiriamujų institutų kūrimui, jų statyboms ir materialinės techninės bazės stiprinimui.

Už žymius mokslinius laimėjimus ir aktyvią mokslo organizacinq bei vi suomeninę veiklą J. Poželai suteikti garbingi vardai ir apdovanojimai. Jis yra Lenino premijos ir kelių valstybių Lietuvos ir TSRS premijų laureatas, Socialistinio darbo didvyris, Didžiojo Lietuvos kunigaikščio Gedimino III laipsnio ordino kavalierius.

Jei akademikas Povilas Brazdžiū-

nas iniciavo puslaidininkų tyrimus Lietuvoje, tai akademikas Juras Požela juos išplėtojo iki tarptautinio lygio, sukurė tarptautinį pripažintą išgijusį Puslaidininkų fizikos institutą ir yra vienos iš žymiausių fizikos mokyklų įkūrėjas.

Sutikdamas savo 80-metį Juras Požela kaip ir anksčiau yra energingas, kupinas kūrybinių idėjų ir aktyviai teisla mokslinius tyrimus.

Juras POŽELA

Puslaidininkų fizikos institutas, Lietuvos mokslo akademija

SPARTIEJI TRANZISTORIAI IR FONONŲ KVANTAVIMAS

Tranzistorių veikimo spartą sąlygoja elektronų lėkio trukmę per tranzistoriaus aktyviąją sritį tarp elektrodų. Laikas t_d yra lygus aktyviosios srities ilgiui L_g , padalytam iš elektronų dreifinio greičio v_{ds} . Lauko tranzistoriuje ribinis srovės stiprinimo dažnis $f_r = v_{ds}/(2\pi L_g)$, kur L_g – užtūros ilgis.

Elektronų dreifinio greitis v_{ds} yra proporcingas elektrinio lauko tranzistoriaus kanale stipriui. Bet daugumos tranzistoriams kurti naujodamų puslaidininkų (Si, GaAs, InP, GaN) dreifinis greitis stipriuojuose elektriniuose laukuose (3–5 kV/cm) dėl elektronų išsilimo pasiekia ribinį dydį $v_{sat} \approx (2-3) \cdot 10^7$ cm/s. Dreifinio greičio įsotinimas stipriuojuose elektriniuose laukuose sąlygoja pagrindinių lauko tranzistorių parametrų: stiprinimo koeficiente $g_{max} = C v_{sat}$ ir ribinio dažnio f_r galimas didžiausias vertės.

Miniatuūriniai lauko tranzistoriai su $L_g = 10^{-1}$ cm buvo labai lėti (lyginant su vakuuminėmis lempomis), jų f_r neviršijo kelių šimtų kHz. Tranzistorių sparta buvo didinama mažinant jų geometrinis parametrus (būtent, L_g). Revoliuciniai tranzistorių miniatiūrūzijos technologijos pokyčiai nulėmė tranzistorių spartą. Tranzistorių su kelių mikronų užtūri ribinis dažnis pasiekė 10 GHz. Tod galima buvo

kurti sparčias skaičiavimo mašinas, panaudojant puslaidininkius. Jau 1991 m., naudojant puslaidininkinius lauko tranzistorius, pavyko sukurti procesorius su milijardais perjungimų per sekundę.

Miniatuūrizacijos lygis priklauso nuo litografijos galimybų. Jei mikrominiatiūrizacijos lygis, $L_g > 10^{-4}$ cm, pasiekiamas panaudojant optinę litografiją, tai norint gauti $L_g < 10^{-4}$ cm, jau reikia naujos litografijos technikos ir naudoti didelių energijų fotonų ir elektronų bangas. Kiekvienas L_g mažinimo etapas submikroninėje srityje reikalauja brangios ir sudėtingos technologijos. Submikroninė technologija ir nanotechnologija yra naujos mokslo ir technikos šakos. Jas pasitelkus gauti superaukštojo dažnio tranzistoriai, veikiantys 100 GHz srityje.

Dar toliau miniatuūzuojant tranzistorius susiduriama su nauja riba, kai

L_g yra tokio paties ilgio kaip ir elektronu matmenys, kuriuos galima charakterizuoti de Broilio bangos ilgiu. Laisvujių elektronų galio arsenide de Broilio bangos ilgis 300 K temperatūroje yra apie $3 \cdot 10^{-6}$ cm. Šiuo atveju tranzistorių srovės jau negalima išvaizduoti kaip taškinio krūvio judėjimo. Elektronas gali būti pagautas į būsenas, vadintamas kvantiniais taskais.

Vadinasi, lauko tranzistoriui ribinių dažnių f_r didinimas iki 10^3 GHz

neįmanomas L_g mažinimo sąskaita. Todėl mes ieškojome alternatyvaus būdo tranzistorių spartai didinti. Tai – tranzistoriaus parametru gerinimas dižiausio soties dreifinio greičio v_{sat} didinimo sąskaita.

Dreifinio greičio sotij sąlygoja stipri neelastinė elektronų sąveiką su optimais fononais. Kai tik elektronas pasiekia soties greitį v_{sat} , jis išspinduliuoja optinį fononą. Kadangi optinio fonono energija yra medžiagos konstanta, $\hbar\omega_0$, tai iš elektronu su masė m soties greitis $v_{sat} \sim \sqrt{2\hbar\omega_0/m}$.

Mes atlakome paiešką, kaip dvimatičiam lauko tranzistoriaus kanale sumažinti elektronų sąveiką su optimais fononais ir padidinti elektronų dreifinį greitį. Tuo tikslu buvo išnagrinėtas polinių optinių fononų pagavimo į fotoninę kvantinę duobę poveikis karštymui elektronų dreifiniam greičiui.

Optinio fonono dažnis yra charakterizinga puslaidininkinės medžiagos konstanta, pvz., GaAs = $\hbar\omega_0$ 36,2 meV, ir nepriklauso nuo ilgapangių fononų impulsu. Jeigu GaAs sluoksnį įdėtume tarp dviejų puslaidininkų, turinčių kitą optinį fononų dažnį (pvz., AlAs su = $\hbar\omega_0$ 50,1 meV, arba InAs su = $\hbar\omega_0$ 29 meV), tai optinių fononų bangos GaAs sluoksnje atispindėtų nuo gretimų puslaidininkų, kuriuose jos negaliu sklisti.

Dvieju puslaidininkų salyti su skirtingomis $\hbar\omega_0$ yra atspindžio barjeras optinių fononų bangoms, analogiskai kaip potencijalo barjeras elektronams. Ta prasme galime kalbėti apie fononinę kvantinę duobę, analogišką elektroninčių kvantinę duobę. Skirtumas yra tokis, kad elektronų energijos kvantinėje duobėje priklausomai nuo jos pločio suskyla į lygmenų serią, o fonono energija fononų kvantinėje duobėje lieka konstanta, $\hbar\omega_0$.

Mūsų teoriniai skaičiavimai, atliki kartu su Illinois universiteto mokslininkais, ir kitų autorų darbai Eseksko (Anglija), Tokijo, Pekino, Romos universitetuose parodė, kad polinių optinių fononų pagavimas į fononines kvantines duobes, priklausomai nuo elektronų ir fononų kvantinės duobės konfigūracijos, gali tiek stiprinti, tiek ir silpninti elektronų ir fononų saveiką. V. Jucienės, K. Poželos ir mano darbai, atliki kartu su Rusijos MA Radioelektronikos instituto, Maskvos universiteto, Illinois universiteto mokslininkais, teoriškai numatė ir eksperimentiškai patvirtintino daugybę naujų reiškiniių, salygotų polinių optinių fononų pagavimo ir jų impulsų kvantavimo. Tai – periodinis

elektroninės fononinės saveikos kitimas kaičiantis kvantinės duobės pločiu, fotoelektronų, pagautų į kvantinę duobę, energinių lygmenų užpildo inversija ir anomalijos fotoluminescencija, periodiniai elektroninės fononinės saveikos rezonansai ir kita. Bet žymesnio elektronų, pagautų į kvantinę duobę, dreifinio greičio padidėjimo nebuvo gauta.

Nesciniai mes atkreipėme dėmesį į tai, kad pagauant fononus į siauras kvantines duobes elektroninė fononinė saveika turi susilpnėti dėl staigiai didėjančio fonono impulsu, nukreipto skersai fononų kvantinės duobės, mažejant duobės pločiu. Skersinio fonono impulsu mažiausias dydis $p = \hbar\pi / L_0$, esant mažam fononu kvantinės duobės pločiu L_0 , gali žymiai viršyti išspinduliuojamo (sugeriamo) fonono impulsą kvantinės duobės plokštumoje. Pavyzdžiu, galio arsenide skersinio ir išilginio generuojamo optinio fonono impulsu santykis yra lygus $12,6 \text{ nm} / L_0 (\text{nm})$. Kadangi elektronu ir optinio fonono saveikos stiprumas yra atvirškšiai proporcingas fonono impulsu kvadratui, tai žymus fonono skersinio impulsu padidėjimas reiškia elektroninės ir fononinės są-

veikos sumažėjimą, arba žymų elektronų dreifinio greičio padidėjimą.

Bendradarbiaujant su Rusijos MA Superaukštėjo dažnio puslaidininkų elektronikos instituto buvo išauginti AlGaAs/GaAs įvairiaičiai moduliuočiai legiravimo nanodariniai, kuriuose į GaAs kanalą kas 3 nm buvo įterpti ploni InAs (1 nm) sluoksniai. GaAs sluoksniai tarp InAs fononinių barjerų sudarė fononines kvantines duobes. Skersinio ir išilginio fonono impulsų santykis buvo lygus 4, vadinas, galima buvo numatyti elektronų dreifinio greičio didėjimą daugiau kaip viena eile. Siekiant sumažinti elektronų sklidą vadinaisiais paviršiniais optiniais fononais, InAs sluoksniuose buvo suformuoti kvantiniai taškai. Eksperimentas patvirtino teoriškai numatomą dreifinio greičio padidėjimą.

Taip atrastas milžiniškas (daugiau negu 10 kartų) maksimalaus dreifinio greičio padidėjimas GaAs kvantinėje duobėje – dreifinis greitis viršijo 10^8 cm/s .

Šis naujas fizikinis reiškinys puslaidininkaje, sukeltas pagauto į kvantinę duobę optinio fonono impulsu kvantavimo, atveria alternatyvius mikroninės technologijos (matomas šviesos litografijos) būdus kurti 100–500 GHz dažnių srities tranzistorius.

Ramūnas KATILIUS, Arvydas MATULIONIS
Puslaidininkų fizikos institutas

TIKRAS FIZIKAS

Tikrujų fizikų nedaug. Mūsų supratimui, tikri fizikai mano, kad fliktuacijos (atsitiktiniai nuokrypiai nuo vidurkio) yra žinių apie mikroskopinį pasauly šaltinis, beje, vienas turiningiausių. Kiti fizikai galvoja, kad fliktuacijos jiems tik trukdo atliki tyrimus arba paprasčiausia jomis nesidomi. Mokslininkas pats apsisprendžia, būti ar nebūti tikruoju fiziku.

Būsimasis akademikas dr. Juras Požela, kiek matyt iš oficialių šaltinių, apsisprendė būti tikruoju fiziku ne vėliau kaip 1961 m. Tuo metu karštųjų elektronų fizika Lietuvoje žengė

triumfo žingsnius, artėjo Vilniaus mokyklos tarptautinio pripažinimo metas. Nuolat plėtėsi tyrimo metodų ir reiškiniių apimtis. Sickdamas geriau suprasti karštųjų elektronų vyksmus puslaidininkiuose, J. Požela sumanė pasitelkti fliktuacijas. Tai buvo labai vaisinga mintis. Prieš beveik keturiadesimt penkerius metus pradedančiam fizikui Vytiui Bareikiui (1937–1995) jas mokslinio darbo vadovas J. Požela, tada jau žinomas puslaidininkų tyrėjas, pasiūlė temą – karštųjų elektronų fliktuacijų tyrimus. Tai buvo moderini ir vaisinga tema. Iš šių tyrimų,

J. Poželos manymu, galima buvo gauti tokijų žinių, kokių negalėjo duoti kiti (tarkim, pernašos ir atsako) tyrimai.

Pasirinktasis keliais nebuvo lengvas. Tik po ketverių metų pastangų pasirodė, kiek mums žinoma, pirmosios mokslinės publikacijos [1–3] apie karštųjų elektronų fliktuacijų eksperimentinius tyrimus mikrobangų dažniu ruože ne tik Lietuvos, bet ir už jos ribų. J. Poželai vadovaujant, dar po ketverių intensyviaus darbo metų Vytautas Bareikis apgynė kandidato (pagal dabantinę klasifikaciją – daktaro) disertaciją.

Akademiko J. Poželos pradėta ir kuruojama fluktuacijų kryptis ir darbar – po keturių dešimtmecčių – sekmingai tebeplėtojama Puslaidininkų fizikos instituto Fluktuacinių reiškiniai laboratorijoje. Per tuos dešimtmecčius fluktuacijų tyrimus, kaip ir apskritai karštujų krūvininkų puslaidininkiuose fizikinius tyrimus, dabar jau tapusius klasiką, atliko jaunimas. Jis sugebėjo pasinaudoti ankstesnių Lietuvos fizikų kartu jau sukurtomis sąlygomis ir mokslinėmis tradicijomis, mūsų kontaktais su moksliniais centrais Rytuose, atsirandanciais nors ir menkais kontaktais su Vakarais, suformavo rimtą mokslinę kultūrą, išugdė sugebėjimą imtis uždavinii, atitinkančiu savo laiko mokslines aktualijas, ir spręsti tuos uždavinius metodiskai, sisteminiagai, kruopščiai, kad jų darbai būtų pri-pažįstami, cituojami pausalinėje literatūroje. Jeigu kieno nors pakartoja mi – kad rezultatas būtų vienas: Vilniuje gauto rezultato patvirtinimas. Taip Lietuvos fizika išvengė mažo krašto, provincijos mokslo kompleksų, išėjo į tarptautinę areną ir kartu tapo Lietuvos kultūros, sakytyje, jos civilizacijos dalimi. Jauniausioji, šiandieninė trisdešimtmecčių keturiasdešimtmecčių mokslininkų karta, atėjusi į jau susiformavusias laboratorijas, tėsiai tuometinius pradėtus tyrimus, imasi naujų temų, spausdina straipsnius aukščiausios prabos tarptautiniuose žurnaluose, laimi tarptautinius grantus, įsilieja į eurupinius projektus. Dabar eksperimentinė daktaro disertacija iš karštųjų elektromų fluktuacijų parengiama ir apginama per ketverius metus, jos moksliniai rezultatai iš karto tampa žinomi specialistams visame pasaulyje. Antai 2002 m. apigintos daktaro disertacijos darbų saraše pui-kuojasi 6 moksliniai straipsniai, publikuoti vadinamuosiuose ISI žurnaluose, ir 15 pranešimų mokslinėse konferencijose.

Dabar – šiek tiek apie patį fluktuacijų moksą. Nuo tada, kai XX a. pradžioje A. Einšteinas, M. Smoluchovskis ir kiti sukūrė Brauną judesio teoriją, fluktuacijų – nuokrypių nuo vidurkių – mokslas yra vienės svarbiausių statistinės fizikos ir fizikinės kinetikos skyrių. Fluktuacijas tiesiogiai lemia fi-

zikinių sistemų sandaros diskretišumas ir šiluminis judėjimas. Fluktuacijų dėsninumų supratimas yra būtinas norint geriau pažinti fizikinės sistemos elgseną, giliu suvokti ryšį tarp mikroskopinių ir makroskopinių jos savybių. Pusiausvyros būsenoms šie ryšiai žinomi jau seniai: fluktuacijas termodynaminiškai pusiausvyros būsenoje ap-rašo fluktuacijų ir dissipacijos teorema (Nyquist 1928, Callen ir Welton 1951), fluktuacijų spektrinį tankį išreiškianti sistemos atsaku į išorinį poveikį. Tačiau nuo praeto amžiaus vidurio fizikoje ir elektronikoje vis didėjanti vaidmenį vaidina *nepusiausvyros* būsenos. Gy nesant pusiausvyros, fluktuacijų charakteristikos nebeišreiškiamos atsaku, o ju eksperimentinis ir teorinis tyrimas tampa atskira fizikos problema.

Dėmesį šiai problemai pastaraisiais dešimtmecčiais ypač skatiniai puslaidininkų fizikos raida. Puslaidininkiuose tolimes nuo pusiausvyros būsenos palyginti lengvai sukuriamas, veikiant išoriniam elektriniam laukui ar šviesai. Tik elektriniame lauke ar veikiant šviesai laisvieji elektronai padidina savo energiją, tampa „karštaišiai“. Kadangi karštujų elektronų savybės lemia šiuolaikinių puslaidininkinių prietaisų spartą ir ribinių jautri, karštujų elektronų fluktuacijų tyrimas tiek fundamentiniu, tiek praktiniu požiūriu tapo labai aktualia fizinės problemos.

Fluktuacijų mokslo, kaip atskiro fizikinės kinetikos skyriaus, sukūrimo būtinumą ir svarbą dar 1935 m. pabrėžė M. Leontovičius. Vėliau šią mintį vystė B. Kadomecevas, M. Laxas, P. Price'as ir kiti. Šiuolaikinę kinetinę fluktuacijų teoriją 1969 m. paskelbė S. Gancevičius, V. Gurevičius, R. Katilius ir Š. Koganas, A. Sulmanas. Pirmieji karštujų elektronų triukšmus eksperimentuodami 1962 m. stebėjo E. Erlbachas ir J. B. Gunnas. J. Poželos idėja Vilniuje imtis sisteminių eksperimentinių tyrinėti karštujų elektronų fluktuacijas ir triukšmus puslaidininkiuose, ypač superaukštųjų dažnių ruože, buvo labai vaisinga. Idomūs kinetiniai vyksmai, neužgožiamai kitų, reiškiasi kaip tik per superaukštųjų dažnių ruožo triukšmus.

Šiandien žinome, kad karštujų elekt-

ronų triukšmai (elektronų greičių fluktuacijos) yra labai jautrūs puslaidininkio juostų sandaros ir laisvųjų elektronų sklaidos ypatybėms. Pradžioje gal atrodės svarbus fluktuacijų tyrimas tapo ir žinių apie fizikinę sistemą ir jos nepusiausvirąjų būseną šaltiniu. Šiandien kalbama apie fluktuacijų spektroskopiją kaip apie fluktuacijų kiečio kūno plazmos diagnostiką. Ir tai didele dalimi yra J. Poželos, jo mokinų ir kolegų būrio darbų vaisius. Šis tyrimų metodas, kurio teigiamybės šiandieną pripažintos pasaulioje, Vilnius fizikams tebeteikia galimybę tirti vis naujus objektus. Kartais triukšmų matavimas net ir gerai ištirtose medžiagose ar dariniuose atskleidžia kažką naujo. Pavyzdžiu, paaiškėjo, kad legiuriotame galio arsenide, kurio voltamperinė charakteristika kelių šimtų voltų centimetru stiprio elektriniuose laukuose dar yra tiesinė, o laisvieji elektronai jau yra palaginti stipriai įkaite, kuo, neįmatavus triukšmų temperatūros, galima būtų abejoti. Taigi fluktuacijų tyrimas padeda išsamiai išsiaiškinti reiškinius, sunkiai prieinamus kitaip metodais. Atskleistas karštujų elektronų triukšmu jų informatyvumas didėle dalimi ir nulémė fluktuacijų tyrimų sėkmę.

Prieš keturiasdešimt penkerius metus pradėti reiškė nuo aparatūros, tinkamos labai silpniems triukšmams matuoti, sukūrimo. Tokia aparatūra – unikalus superaukštotojo dažnio triukšmų matavimo stipriusiuosius impulsiniuose elektriniuose laukuose stendas – buvo sukurtas 1965–66 m. [2, 3]. Pirmasis fluktuacijas apibūdinantis dydis, išmatuotas Vilniuje prieš 40 metų, buvo mikrobanginių triukšmų temperatūra išilgai išorinio lauko *n* tipo germanyte [2]. Po buvo matuojama *p* tipo germanyte. Matavimai patvirtino eksperimentinių anksčiau teoriškai numatyto reiškinio – srovės fluktuacijų stipriajame elektriniame lauke anizotropiškumą [3].

Remiantis tada iš teorijos jau žinomu srovės fluktuacijų ir krūvininkų difuzijos saryšiu, buvo padaryta išvada, kad karštujų elektronų difuzijos koeficientas yra anizotropinis. (Nors tada dar nebuvo žinomas fluktuacijų

ir difuzijos saryšio galiojimo ribos, bet eksperimentiškai ištirtiems mažo elektrom tankio bandiniams padaryta išvada buvo teisinga.) Taigi V. Barcikis, I. Vaitkevičiūtė ir J. Požela, pasinaudodami elektrinių triukšmų matavimais, gavo eksperimentinius duomenis apie pagrindinių krūvininkų difuzijos koeficientą priklausomybę nuo elektro lauko vienalygiuose puslaidininkiuose, nekurdamu krūvininkų tankio gradientą. Reikia paminėti, kad dešimtmeciais tirtose inertinėse duose elektrom difuzijos stipriusiuose elektriniuose laukuose anizotropija buvo pastebėta vėliau (plg. [4]).

Triukšmų temperatūros ir difuzijos koeficiento anizotropiją vilniškė triukšmų tyrejų grupė pastebėjo ir p tipo germanije, ir n tipo silicijje. Su šiaisiai rezultatais grupė debiutavo pasaulinėje arenaje, pristatydama juos 9-ojoje Tarptautinėje puslaidininkų fizikos konferencijoje Maskvoje 1968 metais. Debiutas buvo sekmingas. Šioje konferencijoje pristatytus rezultatus [5] vėliau patvirtintino tyrinėtojai kitose šalyse: J. P. Nougier ir M. Rolland dirbo aukštūja dažniu ruože, L. Reggiani, C. Canali, F. Nava ir A. Alberigi-Quaranta matavo elektrom difuzijos koeficientus puslaidininkiuose vadina-muoju *time-of-flight* (lėkio trukmės) metodu. Didelis vilniščių fluktuacinių reiškiniių tyrejų rezultatų patikimumas tapo visuotinai pripažintu.

J. Poželos mokinys Vytautas Barcikis su bendraautoriais ištyrė karštųjų elektrom triukšmus ir difuziją taip pat n tipo indžio stibide, n tipo galio arsenide ir n tipo indžio fosfide. Taigi pavyko išmatuoti triukšmų temperatūras plačiuose elektrinių laukų ir aplinkos temperatūrų ruožuose tiek klasikiniuose puslaidininkiuose – germanije ir silicijje, tiek puslaidininkiuojunginiuose – galio arsenide, indžio stibide, indžio fosfide. Buvo gautos energijos relaksacijos trukmės priklausomybės nuo elektro lauko stiprio. Kai kuriais atvejais pavyko patikslinti elektrom sklaidos ir elektrom skirstinio ypatybes. Skystojo helio temperatūroje vienasienu puslaidininkų fluktuacijų spektrę pavyko pastebėti rezonansą, sukeltą elektrom greitėjimo iki

optinio fonono energijos. Buvo pastebėta ir ištyrta triukšmų temperatūros priklausomybė nuo magnetinio lauko, kuri būdinga karštisems krūvininkams.

Daug dėmesio buvo skirta *tarp-slenių* triukšmų ir difuzijos tyrimams. Tai tokia padėtis, kai elektronai šokinėja tarp ekvivalentinių (n tipo germanis, n tipo silicij) arba nekvivalentinių (n tipo galio arsenidas, n tipo indžio fosfidas) puslaidininkio juostinės sandaros minimum. Buvo išmatuotas karštųjų elektronų triukšmų spektras silicijje plačiajame dažnių ruože ir identifikuoti keli fluktuacijų šaltiniai. Eksperimentiniai rezultatai buvo gretintinami su Monte Karlo metodu atliktais kiekybiniams skaičiavimais.

Šio periodo laimėjimai pristatyti daugelyje tarptautinių konferencijų: 4-ojoje Tarptautinėje konferencijoje *Fizikiniai triukšmų kietojo kūno prie-taisuose aspektai* (*Physical aspects of noise in solid state devices, Eindhoven 1975*); 5-ojoje, 6-ojoje ir 7-ojoje Tarptautinėse triukšmų fizikinėse sistemos konferencijose (*Bad Nauheimas 1978; Washingtonas 1981; Montpeljeras 1983*). Tyrimų rezultatai buvo apibendrinti apžvalginiame V. Barcikio, A. Galidiko ir R. Miliušytės straipsnyje, 1981 m. paskelbtame J. Poželos redaguotose monografijose 3-jame tome, o vėliau išsamiai aprašyti 8-jame minėtos serijos tome – V. Barcikio, R. Katilaius ir R. Miliušytės monografijoje *Fluktuacinių reiškiniai puslaidininkiuose nepusiaus-virosiomis salygomis*, pasirodžiusioje 1989 metais.

Iki devintojo dešimtmecio vidurio ir Lietuvoje, ir kitur buvo tiriami tiek palyginti didelių matmenų bandiniai, kuriems tiko begalinės vienalyties aplinkos įvaizdis. Vėlesniais metais kietojo kūno fizikos tyrimų svorio centras pasistūmėjo *ribotų matmenų darinių* – trumpų bandinių (mikronų, submikronų ilgio), neviensalygių darinių (*heterodarinių*) tyrimų kryptimi. Tai įvyko pirmiausia dėl moderniosios technologijos laimėjimų, iugalinių kurti labai plonus, net monoatominius sluoksnius, įvairius jų darinius. Tokie

dariniai lemia mūsų laikų mikroelektronikos ir nanoelektronikos raidą.

Išvairalygiuose dariniuose susidaro visiškai naujos fizikinės situacijos: čia susiduriama su elektronų būsenų matmeniniu kvantavimu, laisvas elektronų judėjimas galimas tik plokštumoje ties skirtingu medžiagų sandūra, kur susidaro vadinamosios *dvimatės elektronų dujos*. Trumpuoje vienalygiuose bandiniuose padidėja elektronų dreifo greitis, sumažėja sklaidos vaidmuo, įmanomas kvazibalistinis ir balistinis elektronų judėjimas. Visa tai sukėlė naują susidomejimo bangą nepusiaus-virijų būsenų fizika: buvo plečiami tyrimai trumpų laikų ir mažų matmenų srityse.

Iskiilo nauji uždaviniai ir fluktuacių reiškiniių fizikai. Pagrindinius jų galima formuluoti taip:

1. Neviensalygių fluktuacijų nepusiaus-virosiose būsenose teorijos ir jų aprašymo metodų raida.

2. Triukšmo matavimo mikronų bei submikronų ilgio bandiniuose bei heterodariniuose metodikos sukūrimas.

3. Triukšmo charakteristikų priklausomybės nuo matmenų panaudojimasis fluktuacijų šaltinių bei elektrom sklaidos mechanizmų diagnostikai.

4. Žinomų ir tik įvairalygiams dariniams būdingų naujų triukšmų šaltinių ištyrimas ir panaudojimas nustant įvairalygių darinių kinetinius parametrus (relaksacijos trukmės kvantiniuose kanaluose, šiuolių tarp kanalų tipikimybes ir pan.), kuriuos tirti kitaip metodais dažnai yra sudėtinga.

5. Didelio dreifo greičio ir žemo triukšmų lygio suderinamumo ribotų matmenų dariniuose fizikinių pagrindų ištyrimas.

Remdamiesi savo tyrimų patirtimi, sukaupta ankstesnių metų teorinių ir eksperimentinių triukšmų vienalytėse sistemose, Puslaidininkų fizikos instituto Fluktuacinių reiškiniai laboratorijos mokslininkai jautėsi pajęgūs imtis šių mokslo ir technikos raidos padiktuotų naujų uždaviniių. Karštujų elektrom triukšmų tyrimui trumpuoje bandiniuose jie sukūrė superaukštųjų dažnių savaiminės spinduliuiotės galios matavimo submikrosekundžių triukmės intervaluose metodiką.

Triukšmų trumpuose bandiniuose ypatybes lemia tai, kad, įjungus elektrinį lauką, vyksta elektronų sistemos raida laikė ir erdvėje. Riboti bandinio matmenys neleidžia elektronams pasiekti energiją, kurios galimos didelių matmenų sistemose. Taigi sistemos ribos trukdo pasireikšti toms elektronų greičio fluktuacijoms, kurių būdingosios koreliacijos trukmės yra ilgesnės už elektronų judėjimo bandinių trukmę. Tokiu būdu įvairius triukšmų šaltinius pavyksta atskirti keičiant bandinio ilgi ir elektrinio lauko stipriją. Žinant elektronų lėkio per bandinių trukmę, nustatomos būdingosios vyksmų trukmės. Metodo patikimumas buvo patvirtintas lyginant rezultatus su gautaisiais kitaip metodais, pavyzdžiu, su karštosioms fotoluminescencijos spektrais galio arsenide atvejais, stebėtais D. Mirlino ir kt. darbuose. Elektroninių vyksmų trukmės matavimo iš triukšmų priklausomybės nuo bandinio ilgio būdus pasirodė esąs jautrenis už kitus elektronų sklaidos tyrimų būdus.

Trumpuose bandiniuose pavyksta surasti srautą elektronų, tarp kurių yra tokiai, kurių didžiausia energija lemia įtampa tarp bandinio elektrodų. Bandinys turi būti tokus trumpos, kad nors nedidelę laisvųjų elektronų dalis nepatirytų jame energijos nuostolių. Jeigu laidumo juoste yra būsenų (aukštinesnėje slėnių, priemaišinėje rezonansinės būsenos), lemiančiu laisvųjų elektronų sklaidą, triukšmo spektruse atsiranda pakankamai ryškių ypatumų: greičio pokytis sklaidami greituoju elektronus yra didelis, pakanka nedidelio tokijų elektronų skaičiaus ir triukšmų spektre išryškėja slenkstėnės energijos. Tokiu metodu tiriant GaAs, pavyko išskirti šuolių iš G į L ir X slėnius kuriamus triukšmų šaltinius. Taigi triukšmai trumpuose bandiniuose buvo panaudoti ir juostų sandaros ypatumams tirti.

Legiruotose medžiagose šiuo metodu buvo ištirti priemaišiniai rezonansiniai lygmenys, esantys laidumo juosteje po aukštinesnaisiais slėnius. Tokių lygmenų padėtis laidumo juosteje iki tol būdavo įvertinama ekstrapoliuojant. Triukšmų metodas padėjo tiesio-

giai išmatuoti lygmenų rezonanso energiją ir jos priklausomybę nuo gardelės temperatūros. Tam sėkmingai panaudotas sodrinatas vandenilio galio arsenidas ir atliki triukšmų spektrų tyrimai trumpuose sodrintuose bandiniuose. Triukšmų spektroskopijos metodui išmatuota rezonansinių lygmenų energija nebilogai sutapo su gautaja ekstrapoliuojant stipriai suslėgtą galio arsenido luminescencijos spektrus. Vėliau triukšmų spektroskopijos duomenis patvirtintino optoelektroninių moduliacijų spektrų tyrimai, atliki britų mokslininkų.

Nelegiruotoje medžiagoje kritiniai atskirų vyksmų siekių viršija dešimtį mikronų, būdami žymiai ilgesni negu numato grynais balistinės pernašos teorija, atsižvelgianti tik į vidutinį elektronų laisvųjų siekių (jis yra submikronų cilės). Stebėtas matmenų poveikis mikronų ilgio bandiniuose yra naudingas, kai reikia lengvai (netgi paprasta litografija) pakeisti medžiagos savibybes: buvo parodyta, kad mikrono ilgio galio arsenidas elgiasi kaip vienaslėnė medžiaga. Taigi aktyviuosios srities matmenų ir elektrinių laukų parinkimas padeda spręsti juostinės inžinerijos uždavinį.

Buvo parodyta, kad trumpuose bandiniuose dreflio greitis ir triukšmai yra silpnai susieti dydžiai. Parenkant legiravimą, bandinį ilgi, elektrinio lauko stipriją, gardelęs temperatūrą, pavyko suderinti didelį dreflio greitį ir silpną difuziją, netgi mažesnę negu termodinaminėje pusiausvyroje, ir žemą triukšmo lygi. Minėtieji pernašos koeficientai lemia prietaisų spartą, signalų išplitimą ir ribinį jautrių.

Eksperimentiškai buvo parodyta, kad, galio arsenido ar indižo fosfido bandinių sutrumpinant iki mikroninio ilgio, galima nuslopinti triukšmus, susijusius tiek su energijos fluktuacijomis (konvektyvinis triukšmas), tiek su optinio fonono emisija, elektronų pabėgimui, tarpslėniais šuoliais. Trumpuose bandiniuose reikia žymiai stipresnių elektrinių laukų, kad minėtieji triukšmai pasireikštų, taigi atsiranda galimybė turėti gana platų laukų ruožą, kuriamė stipresnieji triukšmų šaltiniai yra nuslopinti. Tada galima ištir-

ti silpnesnes, bet spartesnes fliuktuačijas.

Laba svarbi ir moderni kryptis – triukšmų tyrimai įvairiaityčiuose dariniuose. Juose elektronų judėjimas įvairiaitys sandūros plokštumoje nėra ribojamas, bet yra kvantuotas statmena kryptimi. Selektiviai legiruotuose AlGaAs/GaAs dariniuose susidaro dvimatis (2D) elektronų dujas; elektronus nuo juos sukurusių donorų skiria nelegiruotas AlGaAs barjeras. Šis atskyrimas padidina elektronų judriją, kartu lengvina jų kaitimą sudarius lauką įvairiaitys sandūros plokštumoje.

Kai elektronas stipriajame lauke ikyga ypač pakanamai energijos, jis gali įveikti barjerą ir palikti didelio judrių dvimatių kvantinį kanalą, o po kurio laiko vėl į jį sugrįžti. Taigi elektronai išsilaisvina iš ribotos 2D erdvės ir tam-pa elektronais 3D erdvėje, ir atvirkščiai. Šis vyksmas – 2D–3D–2D šuoliai (elektronų šuoliai *realioje erdvėje*) – sukuria naują triukšmų šaltinį, kuris pirmą kartą buvo pastebėtas Al-GaAs/GaAs darinyje.

Įvairiaityčiams dariniams būdingi triukšmai ir elektronų difuzija juose priklauso nuo kvantinio kanalo parametru, ypač jo pločio. Siaurame kanale žemoje temperatūroje elektronai užpildo tik žemiausią kvantinio kanalo lygmenį. Tokią „titkai“ dvimačių elektronų triukšmus silpnosisuose laukuose lemia sklaida vienos minijuosčios ribose. Fliktuacinių reiškinų laboratorijoje pavyko pirmą kartą stebeti dvimačių elektronų triukšmų ir difuzijos ypatumus (būdinga maksimuminė pakankamai silpnuose elektriniuose laukuose). Keičiant įvairiaityčio darinio parametrus (barjero aukštį, kanalo plotį ir kt.), pavyko atskirti triukšmus, atsirandantius dėl elektronų judėjimo ir sklaidos atskiroje minijuosčioje ir dėl šuolių tarp kvantinių kanalų. Buvo įvertintos šių vyksmų būdingosios relaksacijos trukmės.

Kitokia skersinių matmenų įtaka pastebėta *delta legiruotose* dariniuose, kuriuose visos priemaišos yra sutelktos į ploną (nanometrų storio) sluoksnį, paliekant visą kristalą nelegiruotą. Tokiame darinyje susidaro kvantinis kanalas, kuriamė gali vykti

elektronų šuoliai į aukštesnius lygmenis ir padidėti elektronų judrio sluoksnis plokštumoje. Stipriuojuose laukuose pastebėtas šiuolių tarp lygmenų sąlygotas triukšmas.

Lygiagreti teorijos plėtra padėjo eksperimentatoriams suvokti, kad dydžiu, glaudžiai susijusiu tik termodinaminės pusiausvyros atveju, – judrio, difuzijos koeficientų ir triukšmų charakteristikų – nepriklausomas tyrimas nesant pusiausvyros išskyla kaip fundamentinis uždavinys, svarbus nepusiausvirosios kietojo kūno plazmos ir puslaidininkinių darinių diagnostikoje. Informacija, gaunama iš fluktuacijų matavimų, kokybiškai ją apdorojus, palyginus su teorijos prielaidomis ir modeliavimo Monte Karlo metodu rezultatais, pasirodė itin netriviali ir reikšminga. Ir šiandien išlieka aktualus jau minėtas karštųjų elektronų difuzijos koeficientų matavimo būdas, nesudarant elektronų tankio gradiento. Atskleisti fizininkiniai principai, padedantys optimaliai parinkti prietaisų aktyviosios dalies savybes, siekiant suderinti didžiausią spartą ir didžiausią ribinį jautri aktyviojoje prietaiso dalyje (pvz., tranzistoriaus kanale). Taigi, „triukšmų spektroskopija“ ištvirtino kaip galinės puslaidininkinių ir puslaidininkinių darinių tyrimo metodas.

Nusistovėjo glaudūs dalykiniai vilniečių fluktuacinių reiškinių tyrejų ryšiai su daugybe užsienio laboratorijų, turinčių pačią moderniausią technologiją ir auginančių vis naujas įvairialeytių darinių kartas. Tokiu būdu Fluktuacinių reiškinių laboratorijos kolektivui atsisirad galimybė tirti naujausius kietojo kūno fizikos objektų savybes. Negana to, šis bendradarbiavimas

igavo Europos Sajungos Komisijos globojamų tarptautinių projektų formą. Nuo 1995 m. laboratorijos kolektivas dalyvauja moksliniuose Europos Sajungos projektuose ir programose (COPERNICUS, PECO, SINANO), o nuo 2001 m. ir JAV Karinio jūryjų laivyno mokslinėse programose. Sékminges dalyvavimas tarptautiniuose projektuose yra gražus indėlis į taip svarbų procesą – Lietuvos mokslo integravimą į europinį bei pasaulinių mokslo.

Vilniškės fluktuacinių reiškinių tyrimo mokyklos gausius pastarųjų dviejų dešimtmecijų laimėjimus šios mokyklos atstovai apibendrino apžvalgiinius straipsniusose – specialiame fluktuacijoms prietaisuoose skirtame žurnalo *IEEE Transactions on Electron Devices* numeryje (1994), presčižinės serijos *Modern Problems in Condensed Matter Sciences* (Elsevier, Amsterdam) 35-me tome. (*Spectroscopy of Nonequilibrium Electrons and Phonons*, 1992), enciklopedijos *Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering* 14-me tome. (1999), žurnalo *Fluctuation and Noise Letters* 1-me tome, Nr. 1 (2001), specialiame leidinyje *Noise and Fluctuations Control in Electronic Devices* (American Scientific Publishers, Los Angeles, CA – du skyriai, 2002), serijos *Materials Science Forum* 384–385 tomuose, žurnale *IEE Proc.–Circuits Devices Syst.* (2004), knygoje *Focus on Semiconductor Science* (Nova Science Publishers, 2005), taip pat pasaulinio garso leidyklos John Wiley & Sons 2001 m. išleistoje monografijoje *Microwave Noise in Semiconductors*.

conductor Devices („Mikrobangai triukšmai puslaidininkiniuose prietaisuose“, autorai H. L. Hartnagel, R. Katilius, A. Matulionis).

J. Poželos išugdytos mokslinės mokyklos darbų aktualumą ir aukštą mokslinį lygį liudija pranešimų aukščiausio rango tarptautinėse konferencijose gausa. Tai – Tarptautinės Puslaidininkų fizikos konferencijos (9-oji – 1968, Maskva; 18-oji – 1986, Stockholm; 19-oji – 1988, Varšuva; 20-oji – 1990, Salonikai), Tarptautinės Karštųjų krūvininkų puslaidininkiuose konferencijos (4-oji – 1985, Innsbrukas; 6-oji – 1989, Scottsdale; 8-oji – 1993, Oksfordas; 9-oji – 1995, Čikaga; 10-oji – 1997, Berlynas; 13-oji – 2003, Modena; 14-oji – 2005, Čikaga), Europos puslaidininkų junginių elektronikos pasitarimai *WCSDICE* (beveik kasmet, nuo 1991). Reguliariai buvo skaitomi pranešimai (dažnai ne vienā, dažnai kviečiniu) Tarptautinėse triukšmų ir fluktuacijų konferencijose: 8-ojoje (Roma, 1985), 9-ojoje (Monrealis, 1987), 10-ojoje (Budapeštas, 1989), 11-ojoje (Kyotas, 1991), 12-ojoje (St. Louisas, 1993), 13-ojoje (Palanga, 1995), 14-ojoje (Leuvenas, 1997), 15-ojoje (Hong Kongas, 1999), 16-ojoje (Gainesville, 2001), 17-ojoje (Praha, 2003), 18-ojoje (Salamanca, 2005). Pastaraisiais metais su pranešimais, taip pat ir kviečiniuose, dalyvauja tarptautinėse konferencijose: *International Workshop on Nitride Semiconductors* – 2002, Aachen, ir 2003, Pittsburgh; *Device Research Conference* – 2004, Notre Dame (Indiana); *Noise in Devices and Circuits* – 2003, Santa Fe ir daugelyje kitų.

1. V. Bareikis, J. Požela, R. Šaltis. Karštųjų krūvininkų triukšmų germanyte tyrimas // *Jaučiųjų mokslininkų konferencijos „Kietojo kūno ir puslaidininkinių prietaisų fizika, Vilnius 1965“ pranešimų tezės.*
2. V. Bareikis, R. Šaltis, J. Požela. Apie fluktuacijas germanyte stipriame elektriniame lauke // *Lietuvos fizikos rinkinys*, 6 t., Nr. 1, p. 99–104 (1966).
3. V. Bareikis, I. Vaitkevičiūtė, J. Požela. Karštųjų krūvininkų fluktuacijos germanyte // *ten pat*, 6 t., Nr. 3, psl. 437–440 (1966).
4. L. Huxley, R. Crompton. *The Diffusion and Drift of Electrons in Gase*. – Wiley, New York, 1974.
5. V. Bareikis, J. Požela, I. Matulioniene. Noise and diffusion of hot holes in p-type germanium // *Proceedings of the IX International Conference on the Physics of Semiconductors, Moscow, 1968*, Ed. S. M. Ryvkin, Nauka, Leningrad, 1968, vol. 2, pp. 760–765.

IŠ VISO PASAULIO

PASAULIS BANDO GAMINTI TERMOBRANDUOLINĘ ENERGIJĄ

Europos Sajunga ir penkios valstybės – JAV, Rusija, Japonija, Kinija, Kanada – susitarė statyti eksperimentinį termobranduolinės sintezės reaktorių, ilgai lauktą ITER (angliškų žodžių *International Thermonuclear Experimental Reactor* trumpinys, kuris graikiškai reiškia *kelią*). Galimas dalykas, kad artimiausiu metu prisijungtų Indija. Po ilgu debėjų 2005 metų pradžioje buvo patvirtinta ITER vieta. Jis bus statomas Kadarache (Cadarache) Prancūzijos pietuose. Iki pastarųjų metų rimtai pretendavusi Japonija nusileido išsiderėjusi, kad jai bus kompensuota didesnais užsakymais pramonėi ir mokslui bei gavusi pažadą. Japonijoje įgyvendinti būsimą po ITER projekta.

Išmokti gaminti energiją valdant lengvųjų atomų branduolių jungimosi į sunkesnius vyksmus, tokius, kurie vyksta Saulėje ir visose kitose žvaigždėse ir yra ju spinduliniojamos energijos šaltini – sena patraukli idėja. Jos įgyvendinimas Žemėje galėtų išspręsti žmonijos aprūpinimo energija problemas praktiskai visiems laikams.

Nuo Andrejaus Sacharovo ir Igorto Tamo pasiūlymo (1950 m.) surinkti termobranduoliniam degimui reikalingos aukštos temperatūros plazma, izoliuotą nuo aplinkos magnetiniu lauku, praėjo 55 metai. Per tą laiką išaugo nauji stambi fizikos šaka – aukštatemperatūrės plazmos fizika, valdomos termobranduolinės sintezės įgyvendinimo Žemės salygomis idėja darėsi vis realesnė, sukurti ir išbandyta daug eksperimentinių įrenginių. Perspektyviausiai pasirodė tokamakai, kai tuščiavidurio riestainio (toroido) formos kameroje plazma laikoma magnetiniais laukais, kuriuos sukuria pačia plazma ir kameros išorėje tekančios elektros srovės. Magnetiniai laukai priverčia elektros srovę plazmoje tekėti apskritimui, o plazmos jonus ir elektronus laikytis toroidinės kameros centre, kaip parodyta 1 pav. ITER bus įrenginis su didžiausiu pasaulyje tokamaku, kuriame projektuojama pa-

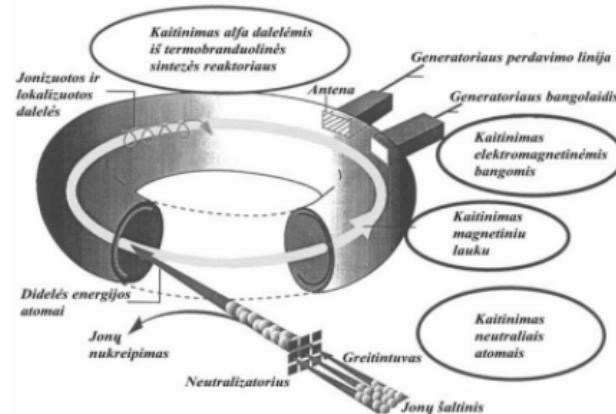
siekti energiškai naudingą (energijos bus pagaminama daugiau negu sunaudojama ITER' reikmėms) deuterio ir tričio plazmos savaiminių termobranduolinių degimų. Tokamako toroidinės kameros pakankamai didelis tūris yra vienas esminiu reikalavimui, kad būtų galima ši tikslą pasiekti.

Šiuo metu pasaulyje yra gana daug mažų ir 13 didelių tokamakų. Pats didžiausias dabar yra Jungtinis Europos tokamakas JET (Joint European Torus) Culham Oksfordsire (Oxfordshire) Didžiojoje Britanijoje. Jo vidinės toroidinės kameros (2 pav.), kurioje vyksta termobranduolinės reakcijos, aukštis yra 3,96 m, plotis – 2,4 m, plazmos tūris – nuo 80 iki 100 m³, plazmos srovės stipris siekia 5 MA, o plazmą lokalizujantis magnetinis laukas – 4 teslas (apie 80000 kartų stipresnis už Žemės magnetinį lauką). Jame pasiekiamas 200 milijonų laipsnių plazmos temperatūra. Pasiekti didelės plazmos dalelių judėjimo energijos vien magnetinio lauko, indukuojančio elektros srovę plazmoje, nepakanka. Jas reikia papildomai greitinti. Deuterio ir tričio branduolių ir laisvųjų elektronų mišinys dar papildomai gali būti kaitinamas elektromagnetinėmis ban-

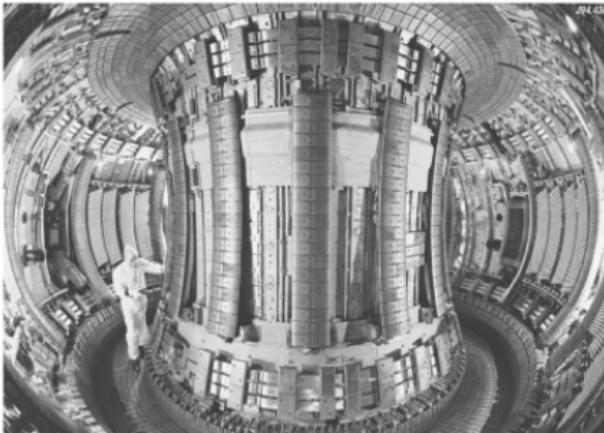
gomis, išauenant labai greitų neutralių deuterio atomų, panaudojant sintezės reakcijos metu atsiradusius helio atomo branduolius (alfa daleles) ir kitokios būdais (1 pav.).

Termobranduolinei sintezei svarbūs du parametrai. Tai energijos išlaikymo (saugų plazmoje, reikalingų, kad galėtų vykti termobranduolinė sintezė) trukmė t_e ir energijos stiprinimo koeficientas Q . Išlaikymo trukmė t_e nusako, kaip ilgai vyksta termobranduolinis degimas, o parametras Q lygus branduolių sintezės metu išsiskyrusios ir kaitinimui sunaudotos energijų santykii.

Pirmas sėkmingas energijos gamybos deuterio ir tričio branduolių sintezės reakcijose eksperimentais pasaulyje buvo atliktas JET įrenginyje 1991 m. Jo metu buvo gauta 1,7 MW galia. 1994 m. JAV įrenginyje TFTR buvo gauta 11,5 MW galia. Po ketverių metų JET įrenginyje pasiekė naują pasaulyje rekordą, lygų 16 MW. Energijos stiprinimo koeficientas buvo $Q=0,65$. Tačiau to neužtenka, kad būtų galima JET naudoti kaip energijos šaltini. JET įrenginiui galimybės jau baigėsi. Jis išmokė fizikus, kaip įkurti valdomos termobranduolinės sintezės



I pav. Termobranduolinis plazmos kaitinimas tokamake



2 pav. Tokamako vidus

ugni, bet liko dar daug kas neaišku, kaip ją pakinkyti darbu pramoniniamame termobranduolinės energijos gamybos reaktoriuje. Reikalingas didesnis įrenginys, kuriame būtų galima pademonstruoti termobranduolinės energijos gamybos pramoniniu mastu galimybės. Be abejo, tame bus susidurta ir su naujomis fizikinėmis problemomis.

ITER statomas mokslinei ir technologinei termobranduolinės energijos gamybos galimybei pademonstruoti. Jis turėtų suteikti žinių, reikalingų pirmosios termobranduolinės elektrinės, naujančios labai didelės temperatūros plazmos magnetinį išlaikymą, kūrimui. Jame bus patikrintos visas tokios elektrinės sudedamosios dalys, pradedant didelės galios superlaidsžiaisiais magnetais, aukštai temperatūrai atspariomis konstrukcijomis, kuro gamybos ir tiekimo moduliais ir baigiant saugiu radioaktyviųjų dalių nuotoliniu valdymu ir šalinimu. Tokamakas yra impulsinio

veikimo įrenginys. ITER skirsis nuo JET ir kitų dabar esančių įrenginių tuo, kad stabilios plazmos gvyvimo trukmė bus gana ilga (apie 10 s), dėl deuterio ir tričio branduolių sintezės atsiranantių helio branduolių šaltinis plazmos centre ir didelės energijos neutronų srautas per tokį laiką bus nuolatiniai.

Unikalai ITER dalis yra superlaids centrinės šerdies magnetas. Jo kokybei keliami labai dideli reikalavimai, nes jis turi būti naudojamas visą įrenginio darbo laiką, esant stipriam neutronų srautui. Magnetų negalima pakiesti neišardžius reaktoriaus. Šį magnetą gamina japonai. Planuojama, kad plazmos indo vidinė sienele bus pagaminta iš specialios silicio ir anglies keramikos ir padengta beriliu. Tad fizikai kviečiami ištirti, ar nebūtų galima vietoje berilio, kuris labai nuodingas, panaudoti litij ar koki nors jo junginių su kitu labai lengvu cheminiu elementu. Yra ir daugiau fizikinių pro-

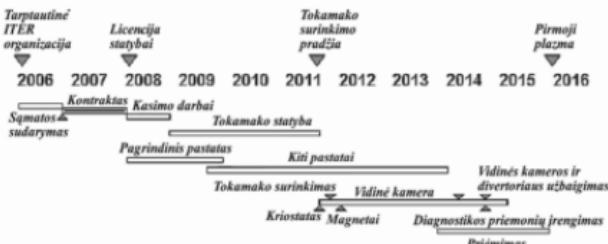
blemų: palaikyti švaru plazmos centrą, efektyviai šalinant helį ir priemaišas, optimizuoti deuterio ir tričio kuro tiekimą plazmos centre, nuslopinti helio sukeltus nestabilumus plazmoje ir sukurti efektyvius plazmos parametru diagnostikos metodus. Yra ir technologiniai problemų: optimizuoti pirmosios įrenginio sieneles, kuri gali saueikauti su plazma, cheminę sudėtį, išbandyti ličio pavertimą tričiu ir kt. Planuojama, kad ITER gaminamos energijos galia bus 500 MW, energijos stiprinimo koeficientas $Q > 10$. Daugiau ITER parametrų pateikta lentelėje. Jam skirtas pastatas bus pradėtas projektuoti 2006 metais. Pirmieji statybos darbai turėtų būti pradėti 2008 m., o baigtis 2011 m. Pastačius pastatus bus pradėtas montuoti tokamakas, kuriame pirmoji plazma turėtų išžiebti 2015 m. Daugiau informacijos pateikta 3 pav. Išbandžius technologijas ir išturus ITER fiziką, planuojama statyti demonstracinį reaktorių DEMO, o po jo apie 2050 m. – pramoninį, kurio galia būtų 1500–2000 MW ($Q \sim 30$ –40).

Darbams koordinuoti sukurta tarptautinė asociacija, pavadinta EFDA (European Fusion Development Action). Ji jungia atskirų Europos Sąjungos valstybių asociacijas. 2005 m. gale tokią asociaciją planuoja įkurti ir Lietuvoje.

Termobranduolinio reaktoriaus ITER kūrimas yra išskubis viso pasaulio fizikams, technologams ir inžinieriams, reikalaujantis intelektinių ir materialinių išteklių sutelkimo. EFDA kviečia visus aktyviai dalyvauti. Apie ITER reikia pasakoti ir gyventojams, kad jie bent žinotų apie ši milžinišką XXI a. projektą.

ITER parametrai

Didysis spindulys R (m)	6,2
Mažasis spindulys a (m)	2
Magnetinio srauto tankis (T)	5,3
Galia $P_{\text{neutron}} (\text{MW})$	500
$Q = P_{\text{neutron}} / P_{\text{kalinius}}$	10
Toroidinės kameros tūris (m^3)	850



3 pav. ITER statybos grafikas

IŠ MOKSLO ISTORIJOS

Libertas KLIMKA

Vilniaus pedagoginio universiteto Istorijos fakultetas

FIZIKAS IR FILOMATAS JONAS SOBOLEVSKIS KRAŽIUOSE

1821 metų rugpjūčio 31 dieną vargingu žydišku vežimaičiu iš Vilniaus į tolimumos Kražius atvyko naujas fizikos mokytojas Jonas Sobolevskis. I gūdžia provinciją iš triukšmingo jaunu intelektualų rato, susibūrusio prie garsiosios Vilniaus Alma Mater, atvyko atlikti būtiną Mokytojų instituto stipendijatui priedermę – šešerių metus dirbtį paskirtoje mokykloje¹. Ši įstaiga, teikdama 21 stipendiją, rengdavo Vilniaus universitete labai kvalifikuotus mokytojus gimnazijoms ir apygarдинėms mokykloms. Mat studijos joje buvo formuojamos pagal individualias programas. Iš instituto absolventų tarp išaugo daug žymiu mokslo ir kultūros veikėjų, universiteto profesorių.

Kražiu mokykla, ikurta 1614 m. kaip jėzuitų kolegija, ilgus metus buvo ryškus Žemaitijos švietimo centras². 1816 m. mokykla tapo pasaulytine, pavaldžia Vilniaus universitetui. Jos prefektas Ignas Daujotas padėjo daug pastangu, kad įtikintų vietinius bajorus permainai nauda. J. Sobolevskio laikais mokykloje buvo 6 klasės ir parengiamoji; iš viso mokėsi 379 mokiniai, daugiausia smulkų bajorų sūnūs iš aplinkinių „akalicių“³. Iš toliai atvykę nuomavęsi pastogę pas miestelio gyventojus, labiau pasitūrintys – pas „ponus profesorius“. Vaikai dėvėjo naminiais mileliais; žiemą klasėje net kvapą gniaužė šviežiai raugintų padrėkusiu kailinukų „aromas“. Mokytojai gyveno tame pačiame buvusių kolegijos pastate, kažkada perstatytame iš Radvišlų pilaleitės. Tarp jų buita tikrai neceilinių asmenybių. Lotynų ir lenkų kalbas dėstė Juozapas Narkevičius, Tomo Zano draugas ir bendramintis, antikinę literatūrą – Stanislovas Malcužinskis, garsiosios vilniškės Šubravcų draugijos narys, senąsias kalbas ir retorią – Zigmantas Bartoševičius, vadovėlių autorius ir „Vilniaus savaitraščio“ redaktorius, prancūzų kalbą – linksmuolis Žanas

Kroisej, Napoleono armijos karys. Trys iš mokytoju – Vincetas Hurčinas, Adomas Dambovskis ir Benediktas Bielavskis vėliau aktyviai įstraukė į 1831 m. sukilimą. Tik rusų kalbos mokytojai buvo arba skundikai, arba girtuokliai.

Naujasis fizikos mokytojas kilimo buvo iš Tykocino pavieto, Lomžos apskrities; gimė 1799 m. Grochų dvarelyje smulkaus žemvalždo šeimoje. Gimnaziją J. Sobolevskis baigė Baltstogėje, 1816 m. istojo į Vilniaus universitetą. Turėjo neabejotinų gabumų tiksliesiems mokslams; už gerus rezultatus profesoriaus Feliksio Dževinsko teikimu apdovanotas pinigine 50 sidabriniu rubliu premija. Universiteto kuratoriui kunigaikščiui Adomui Kazimierui Čartoryskiui buvo pristatyta kaip vienas gabausių studentų. Jau 1817 m. jis buvo išlaikęs egzaminus filosofijos kandidato laipsnui (tuometinio universiteto teikiamas pirmosios pakopos mokslinis laipsnis). 1820 m. pasavarį J. Sobolevskis priklausė išlaikė ir magistro studijų pradiniai egzaminus, tačiau magistro darba, paskirtas mokytojauti, turėjo atidėti vėlesniams laikui.

Patriotinės nuostatos J. Sobolevskui suvedė į bičiulystę su Tomu Zanu. Jo rekomenduotas kartu su Ignu Domeika 1819 m. lapkričio 11 d. buvo priimtas į slaptosios Filomatų („mokslo mylėtojų“) draugijos narius. Kaip žinoma, vilniškės studentų draugijos, įkurtos savišvietos, mokslinės veiklos, dvasinio tobulėjimo tikslais, greit subrandino ir politinius siekius, kurių svarbiausias – atgauti laisvę pavertgtaijai tėvynei⁴. Draugijos šūkiu tapo maksima „Dora, mokslas, tėvynė!“ J. Sobolevskis, būdamas labai darbštus, veiklus, lengvai bendraujantis, išrenkamas II filosofų ir matematikų skyriaus sekretoriumi, o vėliau – ir draugijos tarybos nariu. Pagrindine kliūtimi, stabdančia krašto socialinę ir eko-

nominę raidą, filomatai laikė baudžiąvą. Kaip įtikinti dvarininkus, kad su teikiti valstiečiams laisvę būtų naudinga ir jiems patiem, buvo svarstoma draugijos susirinkimuose. J. Sobolevskis taip pat siūlė propaguoti dvarininkų kooperatinės asociacijas, galinčias įdiegti modernesnę agrotechniką. Mokslinaija jo referatai, skaitya skyriaus susirinkimuose, buvo skirti kriatalografijai, elektros reiškiniams ir fizikos istorijai. Vienas jo referatas apie pramoninių statinių estetiką buvo išspausdintas „Vilniaus dienraštyje“.

1820 m. filomatai savo idėjų sklaidai įkūrė filaretų („doros mylėtojų“) draugiją. Ji buvo suskirstyta pagal mokslus į keturias sekcijas, pavadinčias vaivorykštę spalvomis. J. Sobolevskis émesi vadovauti Žaliajai fizikų bendrijai. Sekcijų sueigos vyko du kartus per mėnesį, o kickvienas narys per semestrą perskaitydavo po du referatus iš savo mokslo srities. Žaliuošius J. Sobolevskis papildomai moko aukštosioms matematikos. Isteigtas Mokslo komitetas surengė kursus, kuriuose buvo dëstoma istorija ir hodogetika – ugdymo ir mokslinio darbo metodika.

Apie jaunajį fiziką žinių išliko nedaug, tik bendražygiai atsiminimai ir laiškai. Ignas Domeika ji taip charakterizavo: buvo labai išsilavinęs savo srityje; ir ne tik pats gražus, bet ir gražios sielos⁵. Deja, laikas neišsaugojo joko jo atvaizdo. Draugiškai buvo pravardžiuojamas „rudžiu“, tad galima spėti buvus ji rusvaplaukiu. Vilniuje J. Sobolevskis gyveno Aušros vartų gatvėje, išsinuomavęs kambarį pas konditerį Kuntzą. Už nuomą mokėjo sūnų; šeimininkas dar ir pietumis pavaisišindavo, tačiau mokslams susiakupti čia buvo nelengva – namai buvo linksmi ir triukšmingi.

Kražių mokyklos aplinkai labai jau skyrėsi nuo Vilniaus. Ir 22 metų jaunuoliui sunku buvo suartėti su vyres-

niais kolegomis. Ilgejosi draugų, visuomeninės veiklos; kolegijos mūrai jaujai mokytoja slėgtė slėgė, įvarė depresiją. Prašesi išleidžiamas į magistro studijas, tokią pastangą ėmėsi ir jo draugai Vilniuje. Nors savo pareigas J. Sobolevskis vykdė puikiai. Ketvirtą klasę mokė bendoriosios fizikos ir astronominės geografijos, penktą – specjaliosios fizikos. Be to, trečios, ketvirtos ir penkatos klasės mokiniamas turėjo gamtos mokslo pamokas, o šeštose – ir chemijos. Mokė pagal savo „seksternus“ – adaptuotus Bijo, Libeso ir Tenerio vadovėlius. Jo metodus ir vaikų žinias labai gerai įvertino iš Vilniaus universiteto atvykės inspektorius Jonas Chodzka, rašytojas ir mokslininkas⁶. Vizitacijos ataskaitoje jis pažymėjo, kad jaunasis mokytojas pamokose labai vykusių atlieka bandymus, moko vaikus juos atidžiai stebėti, suvokti jų esmę ir paaškinti teoriškai. Inspektorius nuomone, fizika Kražių gimnazijoje buvo dėstoma tikrai aukštą lygiu, trečajai klasė gal net kiek per sudėtingai. Tačiau vaikai fiziką greta literatūros įvardijo kaip mėgstamiausią dalyką. Labai tikėtina, kad juos veikė ir mokytojo asmenybės žavesys. Ir ne tik jų dėstomas dalykas tapo patrauklus; neabejotinai jo patriotinės nuostatos rado atgarsį mokinį širdyse. Gimnazijoje iškūrė slapta „Juodųjų brolių“ draugija, vadovaujama mokinii Kiprijono Jančiausko ir Jono Vitkevičiaus, siekusi analogiškų filaretų iškeltiems tikslus.

Vilniuje tuo tarpu brendo svarbūs įvykiai. 1822 m. išsiplėtęs filaretų judėjimas susilaikė įtaraus oficialiųjų instancijų dėmesio. Kuratorius A. Čartoryskis pareikalavo ištirti, ar šis judėjimas nesą priešiškas valdziai. Tada jauniams iškūrė Filadelfistų („broliškos meiles“) draugija, kurioje vyraovo dar raiškesnės patriotinės nuostatos ir ryžtas siekti tėvynės laisvės. Ca-

ro šnipai nesnaudė, – 1823 m. spalį prasidėjo masinių studentų ir absolventų areštai. Lapkričio 18-sios naktį buvo suimtas ir Kražių mokytojas. Šios



Kražių kolegija XIX amžiuje

represijos ir ypač jų mokytojo areštas paskatino „Juoduosius brolius“ ryžtinėms veiksmams, naivai tikintis nukreipti valdžios dėmesį. Maištingi laikai buvo išplatinti Kražių apylinkėse pernelyg nesilaikant atsargumo. Prefektui I. Daujotui talkinant, kaltininkai greit buvo surasti. K. Jančiauskas įkalintas Bazilių vienuolyne Vilniuje, greta savo mokytojo J. Sobolevskio. Neilgai trukus gimnazistams paskelbtas nuosprendis. Savo beprasmišku žiaurumu jis sukėlė visuomenę: mokiniai buvo pasmerkti katorgos darbams ir kareivystei Sibire. Toks jaunuolių nubaudimas labai prislėgė ir įkalintus studentus, o ką jau kalbėti apie jų mokytoją... J. Sobolevskui, vedamam į tardymą, mieste teko matyti kraupią vargšų mokinį išvežimo sceną. Adomas Mickevičius „Vėlinių“ poemoje apraše fiziko pasakojimą ir įkalintujų jausmus. Mokytojo pavardė poemoje, skirtingai nuo kitų veikėju, nepakeista, tikroji.

Iš įkalinimo fizikas buvo paleistas už laidavimą 1824 m. balandį, prieš tai priverstas pasirašyti, kad niekam neprisitars apie tardymą. Po septynių mėnesių tyrimo senatorius Nikalojus Novosilcevo komisija paskelbė nuosprendį: 108 studentai ir universiteto absolventai pripažinti kaltais kurstejaunimą prieš vyriausybę, sickę kur-

ti „tėvynę tėvynėje“. Dvidešimt jų ištremiami iš Lietuvos ir pavedami Dvainių reikalų ir švietimo ministerijos žinion, kad ši duotų darbo tolismos Rusijos gubernijoje. J. Sobolevskio lydraštyje buvo nurodyta, kad galis prancūziškai dėstyti matematiką ir tinkas tarnybai Kelių ir komunikacijų inžinerių korpuose. Tremtin išsiustas 1824 m. spalio 24 d. kartu su potetu A. Mickevičiumi. Draugai su jais atsisiekiino ties Pohulianko kalnu (dab. J. Basanavičiaus gatvės pradžioje). Peterburge fizikas kažkaip gavo leidimą studijuoti Sussickimo kelių inžinerių institute. Tai buvo labai didelė malonė tremtinui, ja pelnyti galėjo tik nepaprasto talento žmogus. Mat ši aukštotoji mokykla, suformuota prancūzų Politechnikos pavyzdžiu, tikrai buvo gerausia imperijoje. Ją, beje, baigė ne vieną uždarytojo Vilniaus universiteto auklėtinį, vėliau labai veiksmingai prisidėję prie Rusijos imperijos ekonominės ir industrijinės galybės sukūrimo. 1825 m. gruodį baigęs institutą, J. Sobolevskis buvo pa-skirtas dirbti inžineriumi į Vitegrą prie Onegos ežero. 1828 m. jis kartu su kitu Vilniaus universiteto auklėtiniu ir buvusiu filaretu Jonu Heidetaliu įdarbintas Vandens susisiekimo kelių valdyboje Peterburge. Ir gana netikėtai atėjo žinia apie jo ankstyvą mirtį 1829 m. Archangelske. Jos aplinkybės nėra žinomas. A. Mickevičius „Vėlinių“ poemos trečiąjā dalį dedikavo J. Sobolevskiui, Kiprijanui Daškevičiui, Feliksiui Kulakovskiui, – pirmiesiems, kurie pasitraukė iš gyvųjų draugų, garbiųjų filomatų rato.

¹ Klimka L. Mokytojų rengimas senajame Vilniaus universitete // Pedagogika. 2002, Nr. 62. – P. 152–155.

² Buszinski J. Kroże. Ich przeszłość i stan obecny. – Wilno, 1872.

³ Brensztejn M. Szkoła Krońska // Kurjer Litewski. – 1906. – Nr. 258, 260, 261 – 265, 267.

⁴ Skudolis V. Vilniaus universiteto filomatai ir filaretai, jų likimai: istorinė apybraiža. – Vilnius: VU leidykla, 2003.

⁵ Mościcki H. Z filareckiego świata. Warszawa, 1924.

⁶ Brensztejn M. Filomata w Krożach, – Wilno, 1929

Kęstutis MAKARIŪNAS

Fizikos institutas

NOBELIO PREMIJOS PARADOKSAI: EINŠTEINAS IR JO NOBELIO PREMIIJA

Nobelio premija išjūtinius mūsų samonėje kaip aukščiausias ivertintinius. Deja, ne kartą ji buvo paskirta ne už reikšmingiausių, pasitaikydamo, kad net už kliaudiungos mokslo darbus. Tuo tarpu epochinės reikšmės mokslo rezultatai likdavo deramai neivertinti. Albertas Einšteinas, nors ir gavo Nobelio premiją už labai reikšmingus darbus, tačiau visai ne už tuos, už kuriuos jis pelnė garsiausio XX a. fiziko šlovę – ne už specialiąjį bendrąjį relatyvumo teorijas. Kadangi mokslo srities Nobelio premija mokslininkui skiriama tik vieną kartą, tai relatyvumo teorijos sukūrimas taip ir liko ja nepažymėtas. Dar daugiau, 1922 m. Nobelio premijos komiteto formulotė „uz nuopelnus teorinei fizikai, ir ypač už fotoelektrinių reiškinio dėsnio atradimą“¹ deramai neatspindi ir jo indėlio į kitą kylančią naują fizikos šaką – kvantinę teoriją – reikšmęs. Pirmiausia, kad A. Einšteinas 1905 m. darbe sukurtoje fotoelektrinio reiškinio teorijoje Makso Planko energijos porcijai kvantuoti suteikė dailelės prasmę, laikė, kad šviesa susideda iš dalelių ir tuo pagrindė kelią šviesos banginių ir korpuskulinių savybų dualizmo supratimui.

Nobelio premijos komiteto XX a. pirmųjų dešimtmečių archyvai dabar viešai prieinami. Mokslo istorijos apžvalgos, skirtos pasauliniams fizikos metams ir A. Einšteino gimimo 125-mečiui, išsamiai nušviečia ir Nobelio premijos skyrimo A. Einšteinui peripetijas².

Suteiki A. Einšteinui Nobelio premiją pradėta siūlyti 1910 m. Pirmasis buvo V. Ostvaldo (W. Ostwald) siūlymas premijuoti ji už specialiosios relatyvumo teorijos sukūrimą. Tokie siūlymai, nors jų buvo nedaug, kartojosi kasmet. Paskelbus 1915 m. bendrąjį relatyvumo teoriją, prisidėjo siūlymai premijuoti ir už ją. Iki 1922 m., kai premija buvo paskirta, siūlymų suteikiti pirmenybę A. Einšteinui buvo apie 60.

Siūlymai buvo atmetami kaip nepakankamai pagrįsti. Švedijos fizikai, Nobelio komiteto nariai, tradiciškai aukščiausias vertino neginčytinais eksperimentiniai rezultatai ir tikliais matavimais pagrįstus darbus, ir ypač atsargiai žiūrėjo į tuos, kuriuos laikė tokio teorinėmis hipotezėmis. Švedijos karalystės vėliava neturėjo būti sutepta abejotiniais sprendimais. Antra vertus, tokios žmogiškosios savybės, kaip subjektyvumas, išankstinis nusistatymas, kvalifikacijos darbams ivertinti stoka ir tuo pat metu nepagrįstas ištisinimas savo teisumu, būdavo nesvetimos ir Nobelio premijų komiteto na- riamas.

Mažai kam suprantamos A. Einšteinio relatyvumo teorijos nebuvu iš karto visuotinai pripažintos. Per jas A. Einšteinas išgijo ir arsių prieš. Visuomenės vertybų krizės laikotarpiu, kylant radikaliams judėjimams, relatyvumo savoka, naudojama filosofu, pasigauta politikų ir žurnalistų, buvo siejamas su bet kokių pastovių moralinių ir politinių vertybų neigimu. Tai buvo pri-skiriama ir relatyvumo teorijoms, besikēsinančioms į fizikos pagrindus. A. Einšteinas savo originalumu, nestandartiniu elgesiu ir bekompromisišku mu daug kam apskritai buvo nepriimtina asmenybė. Prasiverždavo ir antisemitizmo apraiškos. Pasaulinio karo metais A. Einšteinas pasireiškė kaip internacinalistas ir pacifistas, 1915 m. pasiraše karą smerkiantį manifestą, raginantį žmones vienyti į „Europiečių lygą“, todėl dalies nacionalistiškai nusiticikusiu Vo-

kietijos fizikų buvo kaltinamas nepatriotiškumu ir net valstybės, kurioje gyvena, interesu išdavyste.

1915 m. paskelbės bendrąjų relatyvumo ir gravitacijos teoriją, A. Einšteinas nurodė ir ja patvirtinantį faktą. Teorija paaškino seniai žinomą Merkurijaus orbitos anomaliją. Nobelio komitetui to neužtecko (o gal galima anomaliją paaškinti ir kitaip būdais?).

A. Einšteinio numatytais kitas teorijos patvirtinimais galėjo būti šviesos spindulio, praeinančio arti Saulės, atsilenkimas Saulės gravitaciame lauke. Tokiam reiškinui stebėti reikalingas Saulės užtemimas.

Tolesniams bendrosios relatyvumo teorijos išvadui patvirtinimui lemiamos reikšmės turėjo britų astronomo Kembridžo observatorijos vadovo Artūro Edingtono veikla³. Jis buvo vienas iš nedaugelio pakankamai išmanančių matematinių aparatai, reikalingų, kad būtų galima suprasti A. Einšteinio teoriją. Tačiau nuo I pasaulinio karo pradžios ryšiai tarp Britanijos ir



Nuotrauka iš: <http://www.ligo.caltech.edu/LIGO_web/0503news/einstein.jpg>

Vokietijos mokslo buvo visai nutrūkė, kas vyksta moksle kitoje fronto pusėje buvo visai nežinoma. A. Edingtonas, pacifistas, buvo išsiūlęs, kad tarptautinis bendradarbiavimas būtinis moksliui, ypač tokioje srityje, kaip astronomija. Atsitiktinai, neutralioje Olandijoje dirbusiu astronomu Vilemo de Sitteriu (Willem de Sitter) dėka, susipažinęs su bendraja relatyvumo teorija, tapo jos šalininku. Pasibaigus karui, jis surengė dvi ekspedicijas 1919 m. gegužės 29 d. Saulės užtemimui Pietyt pusrutulyje stebėti, patvirtinusias A. Einsteino teorijos nusmatytą pro Saulės disku kraštą praeinančios žvaigždės šviesos spindulio atsilinkimą.

Kai ekspedicijų rezultatai 1919 m. lapkričio 6 d. buvo pranešti bendrame Londono karališkosios draugijos ir Karališkosios astronomijos draugijos susirinkime, A. Edingtonui pakvietus ir spaudus atstovus, o Anglijos fiziku patriarchas Dž. Dž. Tomsonas (J. J. Thomson) apibendrino, kad tai svarbiausi gravitacijos teorijos rezultatai nuo Niutono laikų. A. Einsteinas kitą dieną iš mažai žinomo fizikos profesoriaus tapo pasauline garso vybe. A. Edingtonas pasiekė ir politinių tikslų suartinti kariavusių šalių mokslininkus: vienos šalies mokslininkai patvirtino priešiškos šalies mokslininko suruką teoriją.

1920 m. Nobelio fizikos premija A. Einsteiniui vėl nebuvu paskirta. Buvo argumentuojama, kad Saulės užtemimo eksperimento rezultatai negali būti laikomi neginčytiniais dėl jų abejotino tikslumo.

Nuo 1920 m. siūlymai suteikti Nobelio fizikos premijai A. Einsteiniui jau vyravo, 1921 m. ir 1922 m. ju buvo ypač daug. A. Einsteinas jau buvo garbesnis negu Nobelio premija, jos paskyrimas bet kam prieš tai nepaskyrus A. Einsteiniui atrodė skandalinges. Kaip ir anksčiau, daugiausia buvo siūloma A. Einsteina premijuoti už relatyvumo ir gravitacijos teorijas, tačiau, žinodami Nobelio fizikos premijų ko-

miteto nusistatymą prieš jas, kai kurie pakvieti teilti siūlymus fizikai ieškojo kompromiso. Atsirado keletas siūlymų suteikti premiją ir už A. Einsteino indėlių i kvantinę teoriją, apiman ir fotoelektrinio efekto teoriją. Vienas siūlymas, Upsalos universiteto teorinės fizikos profesoriaus Karlo Vilhelmo Oseno (Carl Wilhelm Oseen), 1921 m. ir pakartotas 1922 m., išskyrė savo formulute: „už fotoelektrinio efekto dėsnio atradimą“ (jo esmė – kad fotoelektrinio efekto galimybę ar negalimybę lemia šviesos dažnis, o ne intensyvumas).

1921 m. padaryti Nobelio komitetui pranešimą apie A. Einsteino relatyvumo teoriją apsiūmė autoretingas komiteto narys Alvaras Gulstrandas (Allvar Gullstrand), 1911 m. fiziologas ir medicinos Nobelio premijos laureatas, premiuotas už akies optikos tyrimus. Medikas, akių gydytojas pagal išsilavinimą, kartu dirbęs ir fizikoje (iki šiol akių klinikose naudojami jo sukurti prietaisai), jis nesupratė A. Einsteino darbų dėl matematinio pasirengimo stokos, tačiau buvo aršus jo oponentas. Didelėje tendencijoje apžvalgoje jis surinko viską, kas apie A. Einsteino darbus buvo rashaoma neigiamai. Apibendrinamas padarė išvadą, kad A. Einsteino darbuose daug kliaudių, kurias pašalinus likusi teorija darosi nereikalinga – viska galiama aiškinti ir tuometinę eterio teoriją. Nors bendrame Nobelio komiteto posėdyje buvo balsų, abejojusius tokia išvada, komitetas nusprenādė, kad kandidato, verto 1921 metų Nobelio fizikos premijos, nėra ir premijos paskyrimą atidėjo kitiemems metams.

Nobelio premijos komiteto išėjimui iš aklavietės lemiamos reikšmės turėjo Upsalos profesoriaus K. V. Oseno paskyrimas 1922 m. komiteto nariu. A. Gulstrandui apsiūmė atnaujinti pernykštį pranešimą apie A. Einsteino darbų reikšmę, komitetas pavedė K. V. Osenui parengti antrą pranešimą.

1922 m. buvo svarstomas dviejų, praėjusių 1921 ir 1922 metų, premijų

paskyrimas. A. Gulstrandas kaip ir anksčiau įrodinėjo, kad A. Einsteiniui Nobelio premija už relatyvumo teorijų darbus neturi būti paskirta, Ši kartą daugiausia kritikuodamas specialiąjā relatyvumo teoriją. K. V. Osenas žinojo, kad kaltės antras, ir tam pasirengė. Tapęs Nobelio komiteto nariu, jis primygintai reikalavo, kad siūlymai „už teoriją“ ir „dėsnio atradimą“ būtų aiškiai atskirti. Savo siūlymą suteikti premiją A. Einsteiniui jis buvo suformulavęs labai apgalvotai parinkdamas žodžius – kad nebūtų prikaištų, jog siūloma premijuoti tik už teoriję hipotezę (tuo, kad šviesa tikrai susideda iš dailelių, buvo visuotinai patikėta tik 1923 m. po Komptono reiškinio atradimo). Žavėjėsis Nilso Boro atomo kvantinės teorijos darbais, jis norėjo, kad premiją gautų ir N. Boras, tad siekė, kad siūlymai premijuoti abu mokslininkus paremtų vienas kita. Numatydamas prikaištus, kad gali atsikriti, jog premija bus paskirta ne už svarbiausius mokslininko darbus, K. V. Osenas argumentavo, kad įvairiems fizikams svarbiausiai gali atrodyti skirtinių darbai: vieniems – relatyvumo teorijos, kitiemis – kvantinės teorijos, tretiems – dėsnio atradimas. A. Gulstrandus nepricetaravo. K. V. Osenas įtikino Nobelio komitetą 1921 m. atidėtają ir 1922 m. Nobelio fizikos premijas paskirti A. Einsteiniui ir N. Borui.

A. Einsteinas sužinojo apie Nobelio premijos paskyrimą jam kelionėje į Japoniją. Negalėdamas grįžti, nedalyvavo ir oficialioje premijų ieteikimo ceremonijoje. Nobelio paskaitą skaičė 1923 m. liepos 11 d. antrajame Švedijos mieste Geteburge, 17-ame Skandinavijos gamtos mokslininkų suvažiavime. Nors buvo prašytas parengti pranešimą apie Nobelio premija pažymėtus darbus, tačiau kalbėjo apie relatyvumo teorijos naujoves.

Taip paskirtą Nobelio premiją A. Einsteinas vertino labai santūriai. Turėdamas daug apdovanojimų, jis jos net neįtraukdavo į savo svarbiausių apdovanojimų sąrašą².

¹Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия: М–Я; пер. с англ. – М.: Прогресс, 1992, с. 808.

² R. M. Friedman. Einstein and the Nobel Committee: Authority vs. Expertise // Europhysics News. – 2005, Vol. 36, p. 129–133.

³ M. Stanley. The 1919 eclipse: a celebrity is born // Physics World. – 2005, Vol. 18, No 1, p. 25–26.

KONFERENCIJOS

Dalia ŠATKOVSKIENĖ

Vilniaus universiteto Fizikos fakultetas

ISPŪDŽIAI IŠ II PASAULINĖS FIZIKIŲ KONFERENCIJOS

Didžiulė technikos pažanga, kuri remiasi tikslinių mokslo laimėjimais, užuočių sustiprinusi mokslo ir jų kuriančių mokslininkų autoritetą, deja, ji meninka.

Viena iš priežasčių – pernelyg mažas pačių mokslininkų skiriamas dėmesys ryšiams su visuomenė bei mokslo socialinėms problemoms spręsti. Mokslininkės tikslinių mokslo atstovės pradeda ši etapą nuo savų problemų sprendimo. Viena iš jų – dalinis moterų intelektualaus potencijalo panaudojimas tiksliuosiuose mokslose. Tai rodo neproporcingai mažas santykinius moterų skaičius fundamentaliuose mokslose, ypač išryškėjantis joms kylant akademiniams karjerams laiptais aukštyn. Susidariusi situacija lemia ne tik demokratijos raidą, bet ir turi gilių ekonomikos pasekmis. Šiai problemaii spręsti 2005 m. gegužės 23–25 d. Rio de Žaneire (Brazilija) buvo skirta II pasaulinė fizikų konferencija. Konferencijoje, kurią organizavo Tarptautinė taikomosios ir fundamentinės fizikos sąjunga (IUPAP), dalyvavo 143 fizikės iš 42 pasaulio šalių. Nuostabi atogrąžų gamta, puikus Atlanto vandenyno krantas su smėlėtais paplūdimiais ir bangų mūša, įveikiamą tik banglentiniukams, bei nuoširdžios ir malonios konferencijos šeimininkės sudarė puikų foną konferencijai. Temperamentingai ir dalykiškai buvo sutiki ir svarstomi pleneriniai ir stendiniai pranešimai, kuriuose kaip dera fizikėms nebuvu apsiribota tik moterų mokslininkų problemomis, tačiau buvo svarstomi ir konkretūs fizikos klauzmai, užmezgamas dalykinis bendradarbiavimas.

Be plenarių posėdžių, kuriuose buvo patikta bendra fizikos situacijos analizė ir pokyčių prognozė, išklausėme keletą labai asmeniškų žymių fizikų pasakojimų apie mokslinės karjeros kelią. Vienas tokiai buvo profe-

sorės iš Tuniso Z. B. Lakhdar pranešimas „Kaip aš sukūrėm mokslinę grupę“. Baigusi studijas Paryžiuje ir apgynusi daktaro laipsnį žymiojoje Kastler-Brossel laboratorijoje, kur Alfredras Kastleris pirmą kartą pademonstravo Einsteino aprašytą stimuliuotos emisijos fenomeną, jauna mokslininkė grįžta į savo šalį, kuri tik pradėjo visuotinio mokymo įgyvendinimo programą. Sunkūs metai neturint aptarėtų ir galimiųjų dirbtų mokslinjų darbų. Ją palaiko vyras fizikas ir buvę kolegos. Ji žavisi Nobelio premijos laureatu Abdusu Salamu, kuris iki šių Tarptautinės fizikos centrų Trieste, Italijoje, kur fizikai iš neturtingų bėsi-vystančių šalių gali dirbt mokslinjų darbų kartu su žymiaisiais patyrusiais mokslininkais. Z. B. Lakhdar ieškoja išeinių ir rado ją – pradėjo teorinius molekulių sąveikos tyrimus. Tarp fizikos ir chemijos plityti tyrimų laukas, prieinamas ir skurdžioms šalims. Profesorių tyrimų objektais artimi Tuniso poreikiams. Ji eksperimentiškai ir teoriskai tyrė taršos įtaką orui, vandeniui, augalamams. Kadangi nėra prieinamų, eksperimentus atliko Europoje, o interpretavo Tunise. Tačiau gauti rezultatai fundamentaliūs ir gali būti panaudojami daugelyje mokslo sričių, pradedant astrofizika ir baigiant medicina. Vienas svarbiausiai profesorių darbų – salygų, kurioms esant lazerninis efektas gali pasireikšti kosminėje erdvėje, teorinė prognozė. 2005 m. profesorei Z. B. Lakhdar už mokslo žygdarbių – sukurta mokslinė centro Afrikos šalims – paskirta prestižinė L'Oréal-UNESCO premija.

Konferencijos stendų sekcijoje kickvienu šalis dalyvė pristatė savo moterų fizikų situaciją. Kasdien vyko diskusijos sekcijose šioms temomis: 1. Kaip skatinti mer-

gaites rinktis fizikės profesiją? 2. Ko reikia, kad fizikės karjera būtų sėkminga? 3. Kaip padidinti fizikų lyderių skaičių tiek nacionaliniu, tiek tarptautiniu mastu? 4. Darbo klimato ir sąlygų gerinimo klausimai; 5. Regioninių veiksnių įtaka fizikų karjerai; 6. Balansavimas tarp karjeros ir šeimos.

Lietuva, Latvija, Estija, Lenkija ir kitos Europos šalys, gražiai atstovavusios delegacijomis I Moterų fizikų konferencijoje Paryžiuje, dėl lėšų trūkumo negalejo dalyvauti II konferencijoje. Tačiau paskutiniu momentu Europos Komisija, teigiamai įvertinus Lietuvos fizikų inicijuotą FP6 projekto, savo lėšomis finansavo projekto koordinatorės VU FF doc. Dalias Šatkovskienės dalyvavimą šiame fizikų forume ir kartu suteikė mums galimybę pristatyti savo pranešimą.

Konferencijos rezoliucijoje atsi-spindėjo žymiausių pasaulio fizikų nuomonė anksčiau minėtomis temomis. Buvo konstatuota, kad vykstant



Prie Rio de Žaneiro simbolio – Kristaus statulos – D. Šatkovskienė su konferencijos dalyvėmis

mokslo globalizacijos procesams didėja žmogaus faktoriaus įtaka moksliniams tyrimams, mažėja konkurenčinės sudėtinės dalys ir didėja mokslinės veiklos kooperacijos svarba. Dėl šių ir kitų su mokslo raida susijusių priežasčių stebima moterų vaidmens didėjimo moksliniuose tyrimuose tendencija, todėl moterys turi turėti deramas sąlygas, kad galėtų igyvendinti ne tik prigimtingę, bet ir savo socialine

paskirtį visose žmogaus veiklos baruose, kartu ir moksle. Taip pat buvo pabrėžta, kad moterų mokslininkų problema yra visos fizikų demokratinės bendruomenės sveikatos reikalas ir todėl sprendžiant šią problemą aktyviai turėtų dalyvauti ne vien tik fizikės. Susikloščiusi padėtis reikalauja išsamios analizės ir kolegų fizikų dėmesių bei supratimo. Norint suprasti mokslo visuomenės pokyčių esme

tikslių mokslo atstovams reiktu būti socialiesiems, aktyviai bendrauti su socialiniu mokslo mokslininkais, tiriančiais socialines mokslo problemas ir jų pričastis. Pasaulinės fizikų konferencijos priimtas rezoliucijs, rekomendacijas ir kitą konferencijos informaciją galima rasti internete adresu <<http://www.if.ufrgs.br/iupap>>

Konferencija baigėsi linksmu ir uždegančiu brazilišku sambo.

FIZIKAI XIII PASAULIO



2005 m. birželio 30 d. – liepos 4 d. Vilniuje vyko XIII Pasaulio lietuvių mokslo ir kūrybos simpoziumas, kuriam per 400 autorių pateikė apie 300 pranešimų. Simpoziume dalyvavo ir gana daug fizikų, jie savo astskiros sekcijos neturėjo, nes Simpoziumo sekcijos ši karta buvo sudarytos ne pagal mokslinį sritis. Daugiausiai fizikų pranešimų (R. Valioko, A. Dubičio, J. Banio ir bendrautorių, G. Juželiūno, V. Gončio ir B. Kaulakio, D. Ridiko, A. Ambrazevičiaus, Z. L. Budrikio) buvo perskaityta sekcijoje „Fundamentiniai tyrimai – nuo idėjų iki technologijų“. Keturi fizikų pranešimai (G. Adlio ir bendrautorių, R. Jasulionio, A. Orliuko ir bendraauto-

LIETUVIŲ MOKSLO IR

rių, T. Brastavičiaus) buvo perskaityti sekcijoje „Saugi, ekologiška, ekonomiškai pagrįsta energetika“. Trys pranešimai perskaityti sekcijoje „Lietuva, jos švietimas ir mokslas ES erdvėje“. B. Kaulakys pranešime „ES Lelabonos strategijos Lietuvoje specifika – mokslinio potencialo likučių Lietuvos sunaikinimas“ argumentavo, kad dabartinė mokslo valdininkijos viršinių vykdoma ir atskirų savanaudiškų grupuočių lemiamą valstybės mokslo politika artina Lietuvos mokslo kolapsą. Apie būtinybę keisti valstybės mokslo politiką vadovaujantį pozūriu, kad mokslos valstybei ir jos ekonomikai yra ne mažiau svarbus negu verslas, kalbėjo ir J. Šalkauskas baigdamas pranešimą „Mokslo paradigmos, pasaulėžiūra ir Lietuvos mokslinės raidos perspektyvos ES“. Apie mokslo istorijos darbus Lietuvos, pagrįstus daugiausiai fizikos pavyzdžiais, išsamių apibendrintą pranešimą perskaite J. A. Martišius. Sekcijoje

KŪRYBOS SIMPOZIUME

„Lietuva ir lietuvių pasaulyje“ R. Vaikliokas padarė pranešimą apie užsienio lietuvių mokslo forumą – neformaliajų jaunesnės kartos užsienyje dirbančių lietuvių mokslininkų organizaciją (ULMF – www.balticlabs.com/forumas).

Fizikai daug prisidėjo prie Simpoziumo organizavimo, buvo gana gausiai atstovaujami Simpoziumo programos taryboje ir organizaciniai komitete (Z. R. Rudzikas, S. Ašmontas, V. Gontis, S. Vengris). Z. R. Rudzikas, Lietuvos mokslo akademijos prezidentas, pirmajį Simpoziumo plenarinį posėdį, vykusį MA, pradėjo pranešimą „Lietuvos mokslas ES ir globiame kontekste“.

Simpoziumo pranešimų santrumpos yra paskelbtos lietuvių ir anglų kalbomis Lietuvos mokslininkų sajungos išleistoje solidžioje 366 p. knygoje, kurią sudarė LMS pirmininkas fizikas Vygintas Gontis.

Kęstutis MAKARIŪNAS

IV LIETUVOS MOTERŲ SUVAŽIAVIMO SIMPOZIUMAS „MOTERYS IR MOKSLAS“

Šių metų rugpjūčio 27 d. Vilniaus universiteto Teatro salėje įvyko IV Lietuvos moterų suvažiavimo simpoziumas „Moterys ir mokslas“. Simpoziumo tikslas – suburti draugėn žymiausias Lietuvos mokslininkes ir parengti ju glaudesnio bendradarbiavimą sprendžiant Lietuvos mokslo problemas gaires. Simpoziumo organizacinis komitetas (ŠMM sekretorius dr. S. Vengris, akad. V. Vasiliauskienė, Lietuvos MA narė ekspertė V. Daujotytė-Pakerienė, doc. dr. D. Šatkovskienė ir dr. A. Vaitkuvienė) atstovavo simpoziumui.

maunėsi surengusioms organizacijoms: Vilniaus universitetui, Lietuvos mokslo akademijai ir „Soroptimist International“ Lietuvos sajungai. Simpoziumo koordinatorė dr. A. Vaitkuvienė.

Renginio dalyvės pasveikino IV Lietuvos moterų suvažiavimo atstovę dr. I. Dagytę ir Švietimo ir mokslo viceministras dr. R. Mockėliūnas. Pranešimus simpoziume perskaite Lietuvos MA narė ekspertė V. Daujotytė-Pakerienė, VU FF doc. D. Šatkovskienė ir sociologė dr. A. Novelskaitė. Renginio metu Lietuvos MA ves-

tibiliuje veikė knygų mugė „Parašyta moterų“. Simpoziumo delegates priėmė rezoliuciją, kurioje pabrėžiama, kad Lietuvoje nepakankamai panaujodamos moterų intelektinis potencialas. Ypač moterų trūksta aukštėsniojių mokslo hierarchijos grandyse. Simpoziumas priėmė pasiūlymus, adresuoti LR Seimui, Vyriausybei, Lietuvos švietimei ir mokslo ministerijai ir kitoms mokslo institucijoms, kurios padėtų aktyviai moterims išitraukti į mokslinę veiklą.

Dalia ŠATKOVSKIENĖ

TERMINOLOGIJA

Stasys KEINYS

Vilniaus pedagoginius universitetas

FIZIKOS MAŽYBĖS

Žodžiu fiziika čia suprantamas fizikos mokslas, toks, koks jis pristatomas mokomosiose ir populiarinamose knygose bei specialiuosiuose žodynose, o mažybės – tai mažybiniai ir maloniniai žodžiai, arba, kaip kalbininkai neretai vadina skolintu terminu, deminutyvai. Tad ši kartą žvilgtėsime į fizikos darbuose vartojamus deminutuvus.

Be abejo, nėra lietuvio, kuris nebūtų girdėjęs ar net pats vartojęs mažybių ar maloninių žodžių. Jie mus lydi nuo gimimo dienos iki grabo lentos, ne vienas bent artimijų lūpose ir iškeliauję į amžinybę vis dar minimas deminutuvais. Tų žodžių jvaivrovė ir dažnas vartojimas kartais rodosi kylančios tesiogi iš esminiu tautos bruožų, esąs tautos dvasios apraiška ir rodas lietuvio būdo švelnumą, meilumą. Garus mūsų stilistikos specialistas Juozas Piktėlingis „Žodžio interviu“ knygelėje (Vilnius, 1982, p. 32) pateikė prancūzų mokslininko E. Reklui minčią, kad iš Europos kalbų mūsiškė išskirianti švelnumo raiškas ir deminutuvų gausa, o ta mintis baigiamai žodžiais: „Je apie tautos vertę bendražmogiškaja prasme būtų sprendžiamą iš kalbos grožio, lietuvių tarp Europos tautų turėtų užimti pirmą vietą“. Dėkui tam prancūzui už mūsų kalbos pašlovinimą. Patiem mums dėl tokius dalykų neprirkštų su juo ginčytis.

Mažybių žodžiu, ypač daiktavardžiu (o tai yra žodiniagausia kalbos daallis), turime tikrai daug. Žymiausias mūsų žodžių darybos specialistas Vincas Urbutis išskyre apie aštuonią dešimtis deminutuvinių daiktavardžių darybos priesagų (beje, artimiausių giminaičių latvių kalboje jų taip pat daug, – žymios latvių kalbininkės Veltos Rūkės-Dravinios duomenim, jų esą per šešiasdešimt). Tiesa, bendrinci kalbai iprastą dažnų priesagų téra keliolika (žr. Urbutis V. Žodžių darybos teorija. Vilnius, 1978, p. 288). Atsietai samprotaujant, neretai teigiamo, kad iš

kickvieno daiktavardžio galimas vedybos su kažkuria (dažnai netgi ne viena) mažybė ir maloninė priesaga. Néra retenybė vediniai iš pačių deminutuvų (*broluželis, laputaitė, nameliukas*), o rekordininku laikomas, tiesa, dirbtinis, XIX a. galo žodis *puodelaitukėlytėlis*, turintis net šešias mažybinės darybos pakopas (priesagos *-el-*, *-ait-*, *-uk-*, *-yt-* po kartą ir *-ēl-* du kartu pridėta).

Maloniniai ir mažybiniai žodžiai dažniausiai vartojami buitinéje (ne oficialioje) ir meninéje kalboje, ypač tautosakojे ir vaikų literatūroje. Beje, minčioji latvė V. Rūkė-Dravinia 1959 m. Švedijoje vokiškai išleistame storaime „Latvių kalbos deminutuvų“ tyrinėjime pastebėjo (p. 24–49), kad latvių deminutuvai labiausiai esą išplitę auklių, šeimų ir moterų kalboje (moterų ir vaikų pokalbiuose) bei žargone (vyru kalboje).

Pats pavadinimas rodo, kad deminutuvai yra mažybinės, dažnai maloninės ar kartu mažybinės ir maloninės reikšmės žodžiai. Tokiai žodžiaiš pavadinamamas tas pats daiktas (dalkas) kaip ir pamatiniu žodžiu, pvz.: *langelis*, „mažas langas“, *mamytė*, „malon. mama, motina“, *vieversėlis*, „maž. ir malon. vieversys“. Néra reta, ypač dalykinę kalboje, vadinamoji speciali reikšmė. Tuo atveju pamatiniu žodžiu ir vediniu įvardijami skirtinių dalykai, plg. *vilkelis*, „toks suka- mas žaistas; paprasciausias giroskopas“ ir *vilkas*, „iš sunį panašus žvėris“. Kitokios reikšmės – didinamoji, menkinamoji ir kt. – dažniausiai išskylė atskiruse pasakymuose, pvz.: *Tai bent jégelé, ojojo!* *Pluriplia, kas į galvą ateina, kvailėlis;* *Buvo čia kažkokas santechnikėlis,* – nieko nepataisė.

Kadangi iprasta manyti, kad mokslo ir apskritai dalykinčių kalbai nebūdinga esą reiksti jausmus ar kalbę, ypač rašyti, vaizdingai (beje, būtina pasakyti, kad taip mano ir to laikosi toli gražu ne visi mokslininkai), tai kar-

tais teigiamo, kad deminutuvai dalykinei kalbai nesvarbūs, esą jos vartosenos pakraščiuose. Kad toks manymas perdėtas, yra tekė įsitikinti prieš keletą dešimtmiečių tiriant vienažodžių terminų darybą, nes paaiškėjo, kad i terminų žodynas sudėtū priesagų vedybinių tarpe deminutuvai yra vidutinio didumo darybos klasė. Tiesa, kaip terminai, deminutuvai vartojami iš esmės tik dvimi reikšmėmis – mažybė ir specialiaja (žr. Lietuvijų kalbotyros klausimai. T. 16. Vilnius, 1975, p. 53–54).

Taisantis rašyti ši straipsnį, domėtasi, kiek ir kokių deminutuvų yra pateikta didžiajame Povilo Brazdžiūno redaguotame „Fizikos terminų žodyne“ (Vilnius, 1979), į kurį sudėta apie dvidešimt tūkstančių mūsų kalboje vartojamų terminų. Per 450 tų terminų arba patys yra deminutuvai ar jų vediniai, arba ių sudėti (turimi galvojo terminais einantys žodžių junginiai) jeinai deminutuvai ar jų dinariniai. Tai sudaro apie pustrečio nuošimčio visų žodyno terminų, pvz.: *dalelė* ir *antidalelė, kvazidalelė, makrodalelė, mikrodalelė; bang-a-dalelė, dalelė-taikinys, dalelių balistikā, dalelių dinamika, dalelių lūtis; elementarioj dalelė, elementariųj dalelių fizika; daug(ia)dalelė būsenā, viendalelė būsena, dalelinė prigimtis, daleliniai spinduliai; alfa dalelė ir kt.* Skirtingų mažybių žodžių žodyne téra apie pušimtį, o jie jeinai į kiek daugiau kaip 400 kitų terminų (minčią *dalelės* šeimyną sudaro per 130 terminų). Beje, neaptikta terminų, turinčių daugiau negu vieną mažybę priesagą (plg. kalbos mokslo *dalelytę, žodelytę*).

Aiškius daiktas, kad žodynų terminai yra tarsi bi gyvybės, kaip pliauskos malkoje. Jei ten tūno, o gyvena tekstuose. Kiek, kokių ir kaip vartojama deminutuvų istorijos, kalbotyros, literatūros mokslo, biologijos (zoologijos) ir fizikos tekstuose turėjo nustatyti magistro darbe „Deminutuvai

mokslo kalboje“ Laimutė Vilimavičiūtė (Vilniaus pedagoginis universitetas, 2004 m.; mokslinis vadovas – šiuo eilėlių autorius). Darbo šaltinius sudarė po vieną mokslo ir vieną mokslo populiarinamają knygą iš kiekvienos srities. Fizikos srities visi deminutyvai buvo išrinkti iš Povilo Brazdžiūno „Bendrosios fizikos“ I dalies (Mechanika ir molekulinė fizika. Vilnius, 1960; toliau – BF) ir Romualdo Karazijos „Šimto fizikos mislių“ (Vilnius, 1977; toliau – ŠFM). Pagal skirtingų deminutyvų kiekį fizika pasirodė besanti antroje vietoje po biologijos (24% visų penkių sričių deminutyvų, biologijoje – 44,5%), o pagal pavartojimų kiekį visus tų moksly šaltinius aiškiai lenkė fizika – 48,4% visų pavartojimų (idomu, kad tarp mokslo knygų tas skirtumas dar didesnis – P. Brazdžiūno knygoje pavartota 58,7% visų iš penkių skirtingu sričių knygų surinktų deminutyvų, R. Karazijos knygoje – 33,25% visų mokslo populiarinamų knygų deminutyvų). Ir čia dažniausias žodis yra *dalelė* (truputį per ketvirtadalį visų abiejose fizikos knygose pavartotu deminutyvu). Tad reikalinius fizikas bus *dalelės* žodis ir terminai su juo, bet iš viso tekstuose rasta palyginti daug skirtingu deminutyvu (P. Brazdžiūno knygoje – 155, R. Karazijos knygoje – 84).

Didžiausia tų fizikos tekstu deminutyvų dalis (beveik du trečdaliai) yra vartojama mažybine reikšme, vietomis dar sustiprinta būdvardžiai, pvz.: *siaura angelė*, *smulkus kristalėlis*, *plona strovelė*, *trumputis vamzdelis*.

plona virvelė, *nedidelis veidrodėlis* ir kt. Beveik visi kitai deminutyvai turi specialią reikšmę, pvz.: *gardele*, *vilkelis*, *(švesos) zuikelis* ir kt. Mokslo populiarinamajame tekste pasitaiko maloninė reikšmė pavartotu deminutyvu, pvz.: <...> *tikrą mokslininką iprasta vaizduoti senuku* ŠFM 83. Šiek tiek vartojama būdvardžiai deminutyvų, pvz.: *lenyutis svedinėlis* BF 142, *mažytés dalelės* BF 215, *mažyté žvaigždė* ŠFM 67, *plynė plėvelė* BF 307, *smulkutis smėlis* BF 66, *trumputis vamzdelis* BF 133 ir kt. Beje, tekstuose vartojama ne tik fizikos terminų deminutyvų ir deminutyvinį terminų, bet ir šiaip mažybių žodžių ar kitų sričių terminų, pvz.: *asarėlė*, *brūknelis*, *burbulėlis*, *burbuliukas*, *dūdelė*, *geležinkelius*, *indelis*, *kamšteli*, *kédelė*, *krovinėlis*, *lašelis*, *maišiukas*, *patrankėlė*, *pinigėlis*, *rémelis*, *siūlelis*, *skersinėlis*, *staliukas*, *svarstyklėlis*, *upelis*, *ženklukas* (visi iš BF); *arkliukas*, *berniukas*, *debesėlis*, *gėlytė*, *kalnelis*, *knygelė*, *knygutė*, *langutis*, *mergaitė*, *miestelis*, *nykštukas*, *motinėlė*, *senelis*, *senukas*, *sūnelis*, *šaukšteli*, *tarnautė*, *šunitukas*, *žaisliukas*, *žvérėlis* (visi iš ŠFM).

Mažumas kalbos priemonėmis, be deminutyvų, yra rečiskiamas ar nusakomas, parodosmas ir kitaip, pavyzdžiu, priesagos – *tukas* (rankų pavadinimais (*kištukas*, *mygtukas*, *spausdutukas*)), vartojami žodžių jungimiai su būdvardžiu *mažas* (*mažas slégis*, *mažas vakuumas*, *mažiausias nuokrv-*

pis, mažieji virpesiai) ar kuriuo kitu, daromi terminai su skolinta dalimi *mikro*- (mikroamperas, mikroampermertas, mikroanga, mikrodalelė, mikrosvarstyklės) ir kt. Kai kurių tokii terminų vietoje galėtų būti vartojami deminutyvai, pvz.: *bangelė*, *dalelytė*, *svarstyklėlės* (kaip P. Brazdžiūno knygoje), bet turbūt *amperėlis* ar *ampieriukas*, analizėlė, slėgelis, *vakuumėlis* ar ypač *slėgiukas*, *vakuumytis* ir pan. terminai ne vieną nepikta žmogų, ne tik fiziką, bent pralinksminę. Kita vertus, deminutyvu įvardijamas dalykas gali būti dar mažesnis (tam paprastose kalboje, kartkarčiai ar mokslo darbuose, daromas antros pakopos deminutyvas, plg. *dalelė* – *dalelytė*). Matyt, tam didesniams mažumui parodyti net mėgės mažybinius ir maloninius žodžius didelis XX a. pr. mokslo populiarintojas J. Gerutis (Žemaičių kanauninkas Jonas Balvočius, 1842–1915) „Sodiečių dangaus“ knygelėje neišsivertė be būdvardžio *mažas* ar jo mažybiniu vedininiu šalia deminutyvų, pvz.: *mažas vėjelis*, *mažutės planetėlės* ir net *mažutytė žvaigždelytė*. Ir tikslu, ir gražu. Ar ne tiesa? Ypač mokslo (astronomijos) populiarinamojoje knygelėje. Beje, joje rasime ir *teleskopiu*, lygiai kaip P. Brazdžiūno knygoje *geležinkeliu*, *krovinėli*, *patrankėlė* ir kt.

Deminutyvai negadina dalykinės kalbos. Jie leidžia tiksliau ir trumpiu (vienu žodžiu) parodyti, kad galvoje turimi maži ar labai maži dalykai, be to, pagyvina kalbą, daro ją patrauklesnę. Dabar, kai daug kam vos ne sektiniausias pavyzdys ima rodyti anglų kalba, deminutyvų gali sumažeti – mat tejo kalboje palyginti su mūsiške jų daryba labai nociplėtota. Matyt, dėl to mūsų kalboje gausėja analitiniai (su pagalbiniais žodžiais sudarytū) mažybės nusakymai, taip pat darinių su svertimomis prepozicinėmis (prickyje dedamomis) žodžių dalimis, visokių *mikro*-, *mini*- ir pan. Nė akimirkai nepamirškime, kad esame lietuvių ir turime ne tik gražią, senovišką, bet ir labai išplėtotą bei mokslo pasauluje vertinaną kalbą. Fizikai per XX a. yra rodė gerą pavyzdį, kad deminutyvai gali būti labai svarbūs mokslo kalbos žodžiai ir terminai.



Julijonas KALADĖ¹, Kostas UŠPALIS², Kazys VALACKA³, Vilius PALENSKIS¹, Vytautas VALIUKÉNAS¹, Valerijonas ŽALKAUSKAS¹, Pranas Juozas ŽILINSKAS¹
¹Vilniaus universitetas, ²VU Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, ³Puslaidininkų fizikos institutas

POTENCIALAS IR JO RŪŠYS

Tęsinys

1.52. **magnētinis potencialas** žr. skaliarinis magnētinis p.

1.53. **mechāninis p.** / mechanical p. / mechanisches P. / p. mécanique/ механический п.

Mechaninių judėjimų lemiančių jėgų potencijas.

1.54. **membrāninis p.** / membrane p. / Membranpotential / p. de membranc / мембранный п.

a) Dydis, išreiškiamas bet kurių potencialų skirtumu tarp dviejų membranos pusiu.

b) Dydis, išreiškiamas dviejų membrana perskirtų tirpalu elektrinių potencialų skirtumu.

Dar žr. bioelektrinis p.

1.55. **mišrasis p.** / mixed p. / Mischpotential / p. mixte / смешанный п.

Elektrodo potencijas, atsirandantis vykstant kelioms skirtingoms elektrodinėms reakcijoms.

1.56. **Nernsto p.** / Nernst p. / Nernst P. / p. de Nernst / p. Нернста

Tirpalas esančio elektrodo pusiausvirasis potencijas, priklausantis nuo termodynaminių temperatūros ir ištiprusios medžiagos koncentracijos. Reikšiamas Nernsto formulė.

1.57. **Niutono p.** žr. gravitacinis potencijas

1.58. **nūlinio krūvio p.** / p. (at the point) zero charge, zero-point charge / p. нулевого заряда, точка 0 нулевого заряда

Elektrodo potencijas, kuriam esant ant jo paviršiaus dar nemusėda jonai.

1.59. **nūlinis p.** / zero p. / Nullpotential / p. zéro / нулевой п.

Nuo šaltinio begaliniamate nuotolyje esančio taško potencijas.

1.60. **nuostovūsis p.** / stationary p., steady-state p., steady p. / stationäres P. / p. stationnaire / стационарный п.

Potencijas, kurio vertė laikui bégant nekinta.

1.61. **oksidacijs-redūkcijos p.** / oxidation-reduction p., redox p. / Redoxpotential / p. d'oxydo-réduction / окислительно-восстановительный п.

Oksidacijos-redukcijos elektrodo potencijas.

1.62. **osciliatoriaus p.** / oscillator p. / Oszillatorenpotential, Oszillator-Potential / p. de l'oscillateur / p. осциллятора

a) Bet kurios apie pusiausvyros padėtij virpančios fiziniškės (gravitaciniės, elektromagnetinės ar kitokios) sistemos sukurto lauko potencijas.

b) Sistemos, kurios apibūdinančių dydžių vertės laikui bégant periodiškai kinta, sukurto lauko potencijas.

1.63. **pakaitinis p.** / exchange p. / Austauschpotential / p. d'échange / обменный п.

Tapačių dalelių sistemai būdingo kvantinio efekto, beseiriškančio taip, tarsi dalelės igytu papildomą sąveiką (stumą ir trauką), tos sąveikos potencijas.

1.64. **pasyvācijos p.** / passivation p., passivating potential, Flade p. / Passivierungspotential / p. de passivation / p. пассивации, Фладе-потенциал

a) Potencijas, kuriam esant aktyvioji metalo būsena virsta pasyvia.

b) Potencijas, kuriam esant dar susidaro pasyvinančioji plėvelė.

1.65. **paviršinis p.** / surface p. / Oberflächenpotential / p. superficiel, p. surfacique / поверхностный п.

Dydis, išreiškiamas medžiagos fazės vidinio ir išorinio elektrinių potencijalų skirtumu.

1.66. **polarizacijos p.** / polarization p. / Polarisationspotential / p. de polarisation / п. поляризации

Elektrodo potencijalo pokytis dėl polarizacijos.

1.67. **pradinis p.** / initial p. / Anfangspotential / p. initial / начальный п., исходный п.

Tam tikros sistemos arba jos taško potencijas pradinę akimirka.

1.68. **pramušimo p.** / breakdown p. / Durchschlagpotential / p. disruptif / п. пробоя, пробивной п.

Dydis, išreiškiamas potencialų skirtumu, kuri reikia sudaryti normaliai dielektrike, kad Jame įvyktų dalinis elektrodispramušimas.

1.69. **salyčio p.** / contact p. / Kontaktpotential / p. dc contact / контактный п.

Dydis, išreiškiamas potencialų skirtumu, susidariusių dviejų skirtingu medžiagų salyčio srityje.

1.70. **sándezros p.** / junction p. / Übergangspotential / p. de jonction / п. перехода

a) Dydis, išreiškiamas potencialų skirtumu tarp dviejų skirtingu arba skirtingo legiravimo medžiagų.

b) Dydis, išreiškiamas potencialų skirtumu, kuris susidaro tirpalu ir skirtings medžiagos salyčio srityje.

1.71. **sąveikos p.** / interaction p. / Wechselwirkungspotential / p. d'interaction / п. взаимодействия

Dalelių arba kūmų sąveikos jėgas apibūdinanti erdvės (ir laiko) kintamųjų funkcija. Dažnai tai tiesiog sąveikos potencinė energija.

1.72. **sedimentacijos p.** / sedimentation p., Dorn effect / Sedimentationspotential, elektrophoretisches P., Dorn-Effekt m / p. de sedimentation, effet m Dorn / седиментационный п., п. осаждения, п. оседания, эффект м Дорна

Dydis, išreiškiamas potencialų skirtumu, susidarančiu tarp dviejų elektrodotų, sėdant kietosioms dalelėms skystame elektrolite, kai veikia gravitacijos arba išcentrinės jėgos.

1.73. **sfériškai simetrinės p.** / spherically symmetric p. / sphärosymmetrisches P., kugelsymmetrisches P. / p. sphérosymétrique / сферически симметричный п.

Sferiskai simetriškai pasiskirsčiusio šaltinio sukurto lau-

ko potencialas, pvz., taškinio krūvio Kulono potencialas.

1.74. skaliarinis magnētinis p. / scalar magnetic p., magnetic scalar p., magnetostatic p., magnetic p. / scalares magnetischen P., magnetisches Skalarpotential, magnetostatisches P., magnetisches P. / p. scalaire magnétique, p. magnétique scalaire, p. magnétostatique, p. magnétique / скалярный магнитный п., магнитостатический п., магнитный п.

Dydis, išreiškiamas magnetinio lauko tam tikro taško ir laisvai pasirinkto kito taško skaliarinių magnetinių potencialų skirtumu.

1.75. skaliarinis p. / scalar p. / scalares P. / p. scalaire / скалярный п.

a) Nejudančių šaltinių (nejudančių gravitacinių masių, nejudančių elektros krūvių ir pan.) sukurto lauko potencialas, pvz., elektrinios potencialas, gravitacinis potencialas (žr. termino 1.30. a) apibrėžima).

b) Judančio šaltinio sukurta lauką apibūdinanti skaliarinių erdvinių koordinacijų ir laiko funkcija, pvz., elektromagnetinio potencijalo funkcija $\phi(r,t)$.

1.76. skifimo p. / decomposition p. / Zersetzungspotential, Zerlegungspotential / p. de décomposition / п. разложения

Mažiausias potencialas, kuriam esant vyksta elektrocheminė reakcija.

1.77. sklaidos p. / scattering p. / Streuungspotential, Streupotential / p. de diffusion / п. рассеивания, рассеивающий п.

Sklaidos centro sukurto lauko, kuriam esant juo tekantių dalelė arba kūnas, potencialas.

1.78. sleikštis p. / threshold p. / Schwellenpotential / p. de seuil / пороговый п.

Potencialo vertė, leミニanti upačių reiškinį pokyčius.

1.79. stūmōs p. / repulsion p., repulsive p. / Abstossungspotential / p. de répulsion / п. сил отталкивания, отталкивания

Stūmos jėgas apibūdinantis potencialas, pvz., teigiamojo (neigiamojo) elektros krūvio sukurto lauko potencialas, jei tame lauke juda teigiamasis (neigiamasis) elektros krūvis.

1.80. sužadinimo p. / excitation p. / Anregungspotential, Anregungspannung / p. d'excitation / п. возбуждения

a) Dydis, išreiškiamas mažiausiu sužadinimui reikalintos energijos kiekiui.

b) Dydis, išreiškiamas elektrinių potencialų skirtumu, kuriam esant greitintinai lauke elektronas igyja kinetinę energiją, kurios pakanka, kad jam susidürus su atomu arba molekulė, jis ar ji percurtų į didesnės energijos lygmenį.

1.81. tekėjimo p. / streaming p. / Strömungspotential, Fließpotential / p. d'écoulement, p. du flux / п. течения

a) Potencialas, atsirandantis koloidiniam tirpalui tekant kapilariu.

b) Dydis, išreiškiamas elektrokinetinio potencijalo gradientu, susidariusiu, kai vienetinio greičio skystis skverbiasi per akytą darinį arba skiriamą sritį.

1.82. termodinaminis p. / thermodynamic p. / thermodynamisches P. / p. thermodynamique / термодинамический п.

Termodinaminės sistemos funkcija, priklausanti nuo jai būdingų termodinaminių parametrų ir pasižyminti šiomis savybėmis: termodinaminių potencialų pokytis išreiškia tam tikromis sąlygomis atlikamą darbą, kai nepusiausvyroji sistema tam tikromis sąlygomis artėja prie pusiausvyros, tas sąlygas atitinkantis termodinaminis potencialas mažeja ir, pasiekęs pusiausvyrą, igyja mažiausią vertę. Termodinaminis potencialas yra energija E, išreiškta entropija S ir tūriu V; entalpija, išreiškta slėgiu p ir entropija S; laisvoji energija, išreiškta termodinamine temperatūra T ir tūriu V ir Gibso energija, išreiškta dydžiai p ir T.

1.83. traukōs p. / attraction p., attractive p. / Anziehungspotential / p. d'attraction / п. притяжения

Traukos jėgas apibūdinantis potencialas, pvz., branduolio potencialas, gravitacinis potencialas (žr. termino 1.30. a) apibrėžima), teigiamojo (neigiamojo) elektros krūvio sukurto lauko potencialas, kai tame lauke juda neigiamasis (teigiamasis) elektros krūvis.

1.84. trikdymo p. / disturbing p., perturbation p., perturbing p. / Störungspotential, Störpotential / p. perturbateur / п. возмущения

Išorinio arba vidinio trikdžio sukurto papildomojo lauko potencialas. Dažniausiai – tai potencinė trikdymo energija.

1.85. uždārymo p. / cut off p. / Sperrpotential / p. de blocage / запирающий п.

Elektroninio įtaiso valdymo elektrodo potencialas, kuriam esant juo tekanti srovė pasidaro artima nuliui.

1.86. uždegimo p. / ignition p., firing p., starting p. / Zündpotential / p. explosif, p. disruptif / п. зажигания

a) Dujinės lempos valdymo arba kito elektrodo potencialas, kuriam esant ji uždegama arba pradeda veikti.

b) Dydis, išreiškiamas mažiausiu elektrinių potencialų skirtumu tarp dujose esančių elektrodų, kuriam esant jose prasideda savaiminis išlydis.

1.87. veiksmo p. / action p. / Aktionspotential / p. d'action / п. действия, пиковый п.

Elektrinė impulsas, atsirandantis sudirgintos lastelės išorinėje membranoje.

1.88. vektorinis magnētinis p. / magnetic vector p., vector magnetic p. / magnetisches Vektorpotential / p. vecteur magnétique, vecteur m potentiell magnétique, p. magnétique vecteur / векторный магнитный п., магнитный вектор-потенциал

a) Vektorinis dydis **A**, kurio rotorius lygus magnetinio srauto tankui, t. y. **B** = rot **A**. Vienetas – tesla iš metro (T·m).

b) Vektorinis magnetinio srauto tankio potencialas.

1.89. vektorinis p. / vector p. / Vektorpotential / p. vecteur / векторный п.

a) Vektorinė funkcija **A**, apibūdinanti elektromagnetinį lauką.

b) Dažnai taip pavadinamas vektorinis magnetinis potencialas.

1.90. vėluojantysis p. / retarded p., delayed p. / retardiertes P. / verspätetes P. / p. retardé / запаздывающий п.

Elektromagnetinis potencialas, kurio laiko kintamasis mažeinus už pasirinktąją akimirką t trukme, reikalinga šviečiai nusklisti nuo šaltinio iki pasirinktojo erdvės taško.

1.91. vidinis elektrownis fazės p. / inner electrical p. of phase / внутренний электрический п. фазы

Dydis, skaitine verte lygus darbui, kurį reikia atlikti vakuume perkeliant vienetinį elektros krūvį iš begalybės per medžiagos fazės paviršių.

1.92. Voltos p. / Volta p., outer electrical p., voltaic p. / Volta-Potential, äußeres elektrisches P. / p. de Volta, p. électrique externe / п. Вольта, Вольта-потенциал, вольтова разность f потенциалов, внешняя контактная разность f потенциалов

Dydis, išreiškiamas potencialų skirtumu fazų sąlyčio riboje.

1.93. Žemės gravitacinis p. / earth's gravity p., gravity geopotential / Gravitationspotential / p. de pesanteur

terreste / п. поля силы тяжести

Dydis, sudarytas iš Žemės traukos lauko arba gravitacinių potencijalo (2r. I.30. a) apibrėžimą ir priešingą kryptimi veikiančios Žemės išcentrinės jėgos potencijalo.

1.94. Žemės p. / Earth p., geopotential / Erdpotential, Geopotential / p. de la Terre, geopotentiel / п. Земли, геопотенциал

Dydis, išreiškiamas tam tikrame aukštysteje esančio vienintelės masės kūno potencinė energija vidutinio jūros lygio atžvilgiu.

Terminai apsvarstyti LFD

Fizikos terminų komisijos posėdyje

2004 10 05

IN MEMORIAM

ELGA BORUTIENĖ
1917 12 05 – 2005 07 14



Elga gimė Maskvoje latvių revoliucionieriu, aukšto rango sovietinių valdininkų šeimoje. Augo ir brendo turtingoje Maskvos kultūrinio gyvenimo aplinkoje. Jai, kaip šeimos nariui, jaunystėje teko dalyvauti diplomatinių kelionėse po Vakarų Europos sostines, lankytis diplomatiniuose priėmimuose.

1936 m. baigusi vieną iš Maskvos viduriinių mokyklų rengési stoti į Maskvos universitetą. Tačiau Stalino represijų metu buvo sušaudytas jos tėvas Artūras Kaktin, motina Alma Peterson ištremta į Sibirą, ji – į Komi ASSR, kur dirbo medicinos seserimi.

Pasibaigus II pasauliniam karui, po amnestijos, ji su vyru dailininku Boleslavu Motuza-Matuzevičiumi 1946 m. atvažiavo į Lietuvą. Grįjusį iš tremties savo buvusį mokinį su žmona priglaudė skulptoriaus Juozo Mikelėnė šeima. Vilniuje gimė jų sūnus Gediminas (1946), būsimasis geologas, po poros metų (1948) – būsimoji dailininkė duktė Elgutė.

Baigusi rusų kalbos ir literatūros studijas Vilniaus universitete (1960), Elga Borutienė netrukus pradėjo dirbti (nuo 1963 m. sausio 1 d.) Fizikos ir matematikos instituto rusų kalbos redaktore pradėtuose leisti „Lietuvos fizikos rinkinio“ ir „Lietuvos matematikos rinkinio“ žurnalose. Tuo metu ji buvo vienintelė etatinė redakcijos darbuotoja. Tik po kurio laiko buvo priimta antroji redaktorė ir Elga liko tik

fizikos žurnalo redaktore. Tada rusų kalba rašomus straipsnius ir jaunu mokslo kandidatų disertacijas bei autoreferatus labai reikėjo redaguoti. Fizikai juokaudavo, kad redaktorė buvo vienintelis žmogus, kuris perskaitydavo ju disertacijas nuo pradžios iki galio. Kartais apie juokingas kalbos klaidas, pasitaikančias mokslininkų darbuose, pasakodavo ir pati redaktorė.

Santykiai tarp straipsnių autoriių ir redaktorių buvo šilti, draugiški. Ji apie visus autorius sakydavo *mano fizikai*, o jų nuotraukos, išskirtos iš periodikos, papildyda fizikos straipsnių autoriorių galeriją jos darbo kabinate. Apie darbą „Lietuvos fizikos rinkinio“ redaktorių kolegijoje, žurnalo jubiliejus, jo atsakingajai redaktorių akad. prof. Povilą Brazdžiūną, žurnalo redaktorių kolegijos narį ir instituto direktorių akad. Adolfą Jucių yra parašiusi ir paskelbusi atsiminimą. Išvertė į rusų kalbą Kazio Borutos „Baltaragio malūnai“, vertimo išėjo dvi laidos (1966 m. ir 1988 m.).

1987 m. gruodžio 31 d., sulaukus septyniadešimties, išėjo į pensiją.

Ilgai prisiminsime jos kruopščiai suredaguotus mūsų darbus, visados gerai nusiteikusią, pasakojančią išraišias jai ir ne tik jai nutikusias linksmas istorijas ir iš jų linksmų besijuokiančią – mūsų Redaktorę.

Tebūnė jai lengva Antakalnio kalvų smilčelė.



APGINTOS DISERTACIJOS



Vilniaus universiteto ir Fizikos instituto disertacijos gynimo taryboje

2005 m. gegužės 18 d. Beata VILIMAITĖ-ŠILOBRITIENĖ apgynė fizinių mokslų srities fizikos krypties (02P) daktaro disertaciją „Cezio dinamika sistemoje Baltijos jūra-Kuršių marių“. Mokslinė vadovė dr. Galina Lujanienė. Tarybos pirmininkas prof. habil. dr. Liudvikas Kimtys.

Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos instituto disertacijos gynimo taryboje

2005 m. birželio 28 d. Miglius ALABURDA apgynė fizinių mokslų srities fizikos krypties (02P) daktaro disertaciją „Taškiniai procesų 1/f triukšmo modeliavimas“. Mokslinis vadovas prof. habil. dr. Bronius Kaulakys. Tarybos pirmininkas prof. habil. dr. Romualdas Karazija.

Vilniaus universiteto Fizikos mokslo krypties disertacijos gynimo taryboje

2005 m. rugpjūčio 16 d. Nerijus NEKRAŠAS apgynė fizinių mokslų srities fizikos krypties (02P) daktaro disertaciją „Krūvininkų pernaša mikrokristalinėme silicyje“. Mokslinis vadovas prof. habil. dr. Gytis Juška. Tarybos pirmininkas prof. habil. dr. Edmundas Montrimas.

Kauno technologijos universiteto Fizikos mokslo krypties disertacijos gynimo taryboje

2005 m. spalio 21 d. Asta GUOBIENĖ apgynė fizinių mokslų srities fizikos krypties (02P) daktaro disertaciją „Periodinių struktūrų polimeruose formavimas ir tyrimas“. Mokslinis vadovas prof. habil. dr. Sigitas Tamulevičius. Tarybos pirmininkas prof. habil. dr. Alfonsas Grigonis.

Sudarė Eglė Makariūnienė

NAUJOS KNYGOS

Fizika : [vadovėlis] biomedicinos ir fizinių mokslų studentams / J. Butrimaitė, A. Dementjev, G. Dikieius ... [et al.]; Vilniaus universitetas. – Vilnius : Vilniaus universiteto leidykla, 2003-2004. – Virš. aut. nenurodyti

D. 2: Elektra, magnetizmas, medicininė elektronika, optika, kvantinė fizika, branduolio fizika / Vilniaus universitetas. Fizikos fakultetas. – 2004 ([Vilnius] : Spauda), – 351, [1] p. : iliustr. – Bibliogr.: 350-351 p. (70 pavad.). – Dalyk. r-klė: 342-345 p. – Tiražas 1500 egz. – ISBN 9986-19-743-0. – ISBN 9986-19-595-9.

Fizika : bendrasis kursas : vadovėlis 11 klasei / Palmira Pečiuliauskienė ; [dailininkė Vytautė Zovienė]. – Kaunas : Šviesa, 2005. Kn. 1. - 2005 (Vilnius : Standartų sp.). – 207, [1] p. : iliustr. – Tiražas 6500 egz. – ISBN 5-430-04404-7

Fizika : vadovėlis 7 klasei / Vladas Valentinavičius ; [piešinai Elvio Zovės]. – 1-asis leid., 2005 [m. tiražas] – Kaunas : Šviesa, 2005 (Kaunas : Spindulys). – 151, [1] p. : iliustr. – Tiražas 3500 egz. – ISBN 5-430-03590-4

Fizika : vadovėlis 8 klasei / Vladas Valentinavičius ; [piešinai Elvio Zovės]. – 1-

asis leid., 2005 [m. tiražas]. – Kaunas : Šviesa, 2005 (Kaunas : Spindulys). – 207, [1] p. : iliustr. – Tiražas 45 000 egz. – ISBN 5-430-03749-4

Fizika : podręcznik dla klasy 8 / Vladas Valentinavičius ; [iš lietuvių kalbos vertė Zbigniew Marcel Stecevič ; piešinai Elvio Zovės]. – Kaunas : Šviesa, 2005 (Kaunas : Aušra). – 207, [1] p. : iliustr. – Tiražas 2080 egz. – ISBN 5-430-04046-0

Fizika : vadovėlis 11-12 klasei : suaugusiųjų ir savarankiškam mokymuisi / Vanda Palubinskienė. – Kaunas : Šviesa, 2005. – Kn. 1. – 2005 (Kaunas : Spindulys). – 287, [1] p. : iliustr. – Tiražas 2000 egz. – ISBN 5-430-04042-8

Fizikos pagrindai aplinkos inžinerijoje : vadovėlis / A. Bogdanovičius ; Vilniaus Gedimino technikos universitetas. – Vilnius : Technika, 2005. – ISBN 9986-05-848-1

D. 1. – 2005 (Vilnius : Sapnų sala). – 233, [1] p. : iliustr. – Tiražas 300 egz. – ISBN 9986-05-816-3

Fizikos ir taikomųjų mokslų pradžia Lietuvoje / Libertas Klimka, Rasa Kivilšienė ; Vilniaus pedagoginius universitetas, VU Teorinės fizikos ir astronomijos institutas. – Vilnius : Vilniaus pedagoginius universitetu leidykla,

2005 (Vilnius : VPU 1-kla.). – 192, [1] p. : iliustr., faks. – (Mokslinės monografijos : MM serija). – Santr. angl., lenk. – Tiražas 600 egz. – ISBN 9955-20-008-1

Mokinio žinynas : matematika, fizika, chemija, biologija, anglų kalba, rusų kalba / [iš rusų kalbos vertė Vaclovas Čiodyš, Donatas Grabauskas, Vytautas Naruševičius ... [et al.]. – Vilnius : Alma littera, [2005] (Kaunas : Spindulys). – 498 p. : iliustr. – Tiražas 4000 egz. – ISBN 9955-08-200-3 (ir.) : [28 Lt]

Molekulinė fizika ir termodinamika : mokomoji knyga / Arvydas Kanapickas ; Vytauto Didžiojo universitetas. – Kaunas : Vytauto Didžiojo universiteto leidykla, 2005 (Kaunas : VDU 1-kla.). – 90, [1] p. : iliustr. – Tiražas 100 egz. – ISBN 9955-12-050-9

Spektras : fizikos vadovėlis 7 klasei / Jolanta Gutauskaitė, Aušra Kynienė, Žana Kovaliūnienė ... [et al.]. – Vilnius : Briedis, [2005] (Vilnius : Standartų sp.). – 95, [1] p. : iliustr. – Virš. aut. nenurodyti. – Tiražas [8000] egz. – ISBN 9955-571-86-1

KALĖDOS **KALĖDOS...**

Linksmų švenčių ir darbingų Naujuojų!

Redaktorių kolegija



„PHYSICISTS NEWS“ No 29, 2005

Contents

World Year of Physics in Lithuania

Z. R. Rudzikas. World Year of Physics march through continents	1
J. A. Martišius. Science position – silence	2
V. Šilalnikas. 36th Lithuanian National Physics Conference	2
J. Baužys, L. Mikoliūnaitė. Science Festival from the point of view of students	3

Physics at School

K. Zubovas. International physicists olympiad	4
A. Kanapickas. Sparkling eyes of "Fotonas"	6
A. Visockienė. National contest of the young scientists	8
J. Chmeliov, A. Gruslys. „In Search of Einstein“: meeting of young physicist in Berlin	10

Physics at University

R. Alekscijūnas, K. Jarašiūnas. Semiconductors research by the method of dynamic diffraction grating	11
G. Juzeliūnas. Artificial magnetic field in ultra cold atomic gases	14
J. Baužys. Revival of the students scientific society at the Faculty of Physics of Vilnius University	16

The Nobel Prize in Physics in 2005

17

Jubilee

Congratulation to Juras Požela	17
A. Šileika. Academician Juras Požela – the founder of the one of the most famous schools in physics	18
J. Požela. Fast transistors and quantatization of phonons	21
R. Katilius, A. Matulionis. A real physicist	22

From the World

A. Kupliauskienė, K. Makariūnas. The world aims to produce thermonuclear energy	27
---	----

Science History

L. Klimka. Physicist and philomathic Jonas Sobolevskis in Kražiai	30
K. Makariūnas. Paradoxes of the Nobel Prize: Einstein and his Nobel Prize	31

Conferences

D. Šatkovskienė. Impressions from the 2nd World Conference on Women in Physics	33
K. Makariūnas. Physicists at the 13th World Lithuanian Symposium on the Arts and Sciences	34
D. Šatkovskienė. "Women and Science" Symposium of the 4th Lithuanian Women Congress	34

Terminology

S. Keimys. Deminutive terms in Physics	35
J. Kaladė, K. Ušpalis, K. Valacka, V. Palenskis, V. Valiukėnas. Potential and its Kinds /Continuation/	37

In memoriam

39

Defended Theses

40

New Books

40

„FIZIKŲ ŽINIOS“ Nr. 29, 2005

Turinys

Pasauliniai fizikos metai Lietuvoje

Z. R. Rudzikas. Pasauliniai fizikos metai žygioja per žemynus	1
J. A. Martišius. Mokslo pozicija – tyla	2
V. Šilalnikas. 36-oji Lietuvos nacionalinė fizikų konferencija	2
J. Baužys, L. Mikoliūnaitė. Mokslo festivalio atgarsiai studentų akimis	3

Fizika mokykloje

K. Zubovas. Tarptautinė fizikos olimpiada	4
A. Kanapickas. Žibaničios „Foton“ akys	6
A. Visockienė. Nacionalinis jaunųjų mokslininkų konkursas	8
J. Chmeliov, A. Gruslys. „Einšteino beieškant“ – jaunųjų fizikų susirinkimas Berlyne	10

Fizika universitete

R. Aleksejūnas, K. Jarašiūnas. Puslaidinių tyrimas dinaminiių difrakcinių gardelių metodu	11
G. Juzeliūnas. Dirbtinis magnetinis laukas labai šaltų atomų dujose	14
J. Baužys. Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto studentų mokslinės draugijos atgimimas	16

2005 metų fizikos Nobelio premija

17

Jubiliejus

Sveikiname jubiliatą	17
A. Šileika. Akademikas Juras Požela – vienos žymiausių fizikos mokyklų įkūrėjas	18
J. Požela. Sparticijų tranzistoriai ir fononų kvantavimas	21
R. Katilius, A. Matulionis. Tikras fizikas	22

Iš viso pasaulio

A. Kupliauskienė, K. Makariūnas. Pasaulis bando gaminti termobranduolinę energiją	27
---	----

Iš mokslo istorijos.

L. Klimka. Fizikas ir filomatas Jonas Sobolevskis Kražiuose	30
K. Makariūnas. Nobelio premijos paradoksai: Einšteinas ir jo Nobelio premija	31

Konferencijos

D. Šatkovskienė. Ispūdžiai iš II pasaulinės fizikų konferencijos	33
K. Makariūnas. Fizikai XIII pasaulio lietuvių mokslo ir kūrybos simpoziume	34
D. Šatkovskienė. IV Lietuvos moterų suvažiavimo simpoziumas „Moterys ir mokslas“	34

Termininologija

S. Keinys. Fizikos mažybės	35
J. Kaladė, K. Ušpalis, K. Valacka, V. Palenskis, V. Valiukėnas. Potencialas ir jo rūšys /Tėsinys/	37

In memoriam

39

Apgintos disertacijos

40

Naujos knygos

40