

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA



FIZIKU ŽINIOS

Nr. 28



2005

LFD VEIKLA

Zenonas Rokus **RUDZIKAS**
Lietuvos fizikų draugijos prezidentas

VILNIUS – EUROPOS FIZIKŲ TRIJŲ DIENŲ SOSTINĖ

Vasarį 17–20 dienomis Vilnius tam tikra prasmė buvo tapęs Europos fizikų sostinė. Kaip tai atsitiko? Mat į Vilnių susirinko ir Lietuvos moksly akademijos patalpose posėdžiai Europos fizikų draugijos (EFD) Vykdomojo komiteto (VK) nariai. Tai pagrindinis EFD, jungiančios 39 Europos šalių šimtataukstantinių fizikų būrių, valdymo vienetas, atsakingas už kasdienc EFD veiklą. Tarp vienuolikos jo narų yra ir šiu eilučių autorius.

EFD aptarnauja maždaug 8 statiunių darbuotujų būrys, dirbantys Prancūzijos mieste Mulhouse, kur vietinio universiteto teritorijoje neseniai buvo pastatytas specialus dvių aukštų pastatas.

EFD VK posėdžiauja maždaug 4 ar 5 kartus per metus dažniausiai savo būstinėje, tačiau retkarčiais rengiami ir išvažiuojamieji VK posėdžiai, kurių metu, be išprastų EFD dalykų, svarstomi ir to regiono ar šalies, kur vyksta posėdžiai, fizikų problemos, rengiami seminarai specialiaių klausimais. Ne išimtis buvo ir posėdžiai Vilniuje. Tad trumpai papasakosime, kaip jie vyko.

Vasarį 18 d. iš pat ryto susirinkę pirmiausia patvirtinome jau iš anksto elektroniniu paštu (kaip ir visus kitus dokumentus) atsiųstą posėdžio darbotvarkę. Po to aptarėme ir patvirtinome ankstesnio posėdžio, vykusio 2004 m. lapkričio 26–27 d., protokolą (VK darbo pradžioje ši procedūra mane stebino, bet pagalvojės vėliau supratau, kad taip ir turėtų būti bet kurioje rimatejo organizacijoje...) ir pradėjome nagrinėti svarbiausių klausimus.

Kiekvienas VK narys atsiskaitė už nuveiktą darbą tarp posėdžių, buvo patikslinta narių kuruojami darbų barai. Man pavesta rūpintis globaliniais Europos fizikų klausimais.

EFD prezidentas Martin Huber savo pranešime kalbėjo apie rengiamus strateginius dokumentus aktualiaisiai fi-

zikos klausimais. Buvo išklausyta VK sekretoriaus Peter Melville atskaita, apsvarstytas metinis EFD biudžetas, finansų paskirstymas atskiroms veiklos sričiams, aptarti būdai iplaukoms didinti, žurnalo „Europhysics News“ turiniui gerinti, EFD konkursai, pagrindinės konferencijos, įvyksiančios Berne liepos mėnesį, rengimo ciga ir pluoštas kitų klausimų. Didelis dėmesys buvo skirtas Pasaulinių fizikos metų minėjimams įvairiose šalyse, fizikos svarbos aiskinimui visuomenei, jaunimo skatinimui domėtis fizika ir pan. Tradicinis paskutinis darbotvarkės klausimas – kito EFD VK posėdžio data ir vieta.

Visi šie klausimai buvo aptartai iki pietų. Po pietų VK nariai pasiskirstė į grupes ir lankesi Vilniaus universiteto Fizikos fakultete ir Pusliaidininkų fizikos institute, susipažino su atliekamais mokslyinių tyrimais, studentų mokymo programomis ir darbo sąlygomis. Po apsilankymo dauguma jų pažymėjo aukštą atliekamų mokslyinių tyrimų lygi, išplėtotą tarptautinį bendradarbiavimą, publikacijas didelių reitingų turinčiuose tarptautiniuose žurnaluose. Tačiau neliko nepastebėta, kad trūksta modernios išrangos, mažai kompiuteriuoti tyrimai, neturtinga biblioteka...

Išrinktasis EFD prezidentas Ove Poulsen rado laiko susitikti su Šventimo ir mokslo ministerijos vadovu, bei Lietuvos mokslo tarybos nariais, ki-

tais akademinių bendruomenės atstovais ir papasakoti apie Danijoje īvykdytą jam vadovaujant aukštojo mokslo reformą. Jos esmė – aukščiausias universiteto valdymo organas yra taryba, kurią iš pradžių išrenka universiteto akademinių bendruomenėn, o vėliau ji pati atsinaujina. Ta taryba renka rektorių, rektorius skiria dekanus, dekanai – katedrų vedėjus.

Kitą dieną vyko didesnis renginys, kuriame dalyvavo dar penki svečiai iš Didžiosios Britanijos, Danijos ir Švedijos. Jame buvo nagrinėjami fizikos mokymo klausimai Europos šalyse. Apie fizinių mokslo būklę Lietuvos vidurinėse mokyklose papasakojo Lietuvos fizikos mokytojų asociacijos prezidentė Saulė Vingeliénė. Išklausius visus pranešimus ir diskusijas buvo parengtas dokumentas, kuriame nurodomos priemonės fizikos mokymui gerinti, jaunimo domėjimuisi fiziniaiems mokslais skatinti.

Svečiai beveik neturėjo laiko nudugnau susipažinti su Vilniumi, tačiau, pabendravę su Lietuvos fizikų draugijos valdybos nariais, fizikinio profilio institutu vadovais, su VU Fizikos fakulteto dekanu, jie ne tik susidarė gerą nuomonę apie fizikos mokslo būklę Lietuvoje, bet išsivežė ir malonius išpūdžius apie Lietuvos kolegų nuoširdumą, entuziazmą ir geranoriškumą.



Europos fizikų draugijos Vykdomojo komiteto nariai

PASAULINIAI FIZIKOS METAI

Jonas Algirdas MARTIŠIUS, Kęstutis SVIRSKAS

Vilniaus pedagoginis universitetas

RELIATYVUMO TEORIJOS ŠIMTMETIS

2005-ieji metai mokslinei visuomenei, ypač fizikams, svarbių tuo, kad jie yra paskelbti Pasauliniais fizikos metais. Tuo pirmiausia norima atkrepti visuomenės dėmesį, kuris, beje, pamažu blėsta, į fizikos mokslo svarbą šiuolaikiniame pasaulyje. Konkreti data pasirinkta dėl to, kad prieš šimtą metų – 1905 metais – Albertas Einsteinas (A. Einstein, 1879 03 14–1955 04 18) sukūrė ir paskelbė plačią visuomenėjė žinomą relatyvumo teoriją ir dar tris esminius šiuolaikinės fizikos principus. Tai atradimai, kurių kiekvienas galėjo būti apdovanojas Nobelio premija.

Visi keturi darbai buvo išspausdinti 1905 m. žurnale „Annalen der Physik“. Labai trumpai tuos darbus čia išvardyime. Vienam iš A. Einsteino nusiųstytų žurnalui straipsnių pateikta fotoefekta

teoriškai paaiškinant hipotezė, skelbianti, kad šviesa yra sudaryta iš šviesos kvantu (dalelių) – fotonių. Už tą darbą A. Einsteiniui 1921 m. buvo paskirta Nobelio premija.

Antrame darbe A. Einsteinas patiekė Braunų judesių molekulinę statistinę teoriją. Ji buvo eksperimentiškai patvirtinta ir tai yra tiesioginis molekulų egzistavimo įrodymas.

Trečiam darbe buvo suformuluota specialioji relatyvumo teorija. Ji apibūdino kūnų judėjimą greičiu, artimu šviesos greičiui, ir irodė, kad laiko tėkmė ir kūnų matmenys priklauso nuo atskaitos sistemos pasirinkimo. Šis 30 puslapių straipsnis „Apie judančių kūnų elektrodinamiką“ pasirodė minėtame žurnale 1905 m. rugpjėjo mėn.

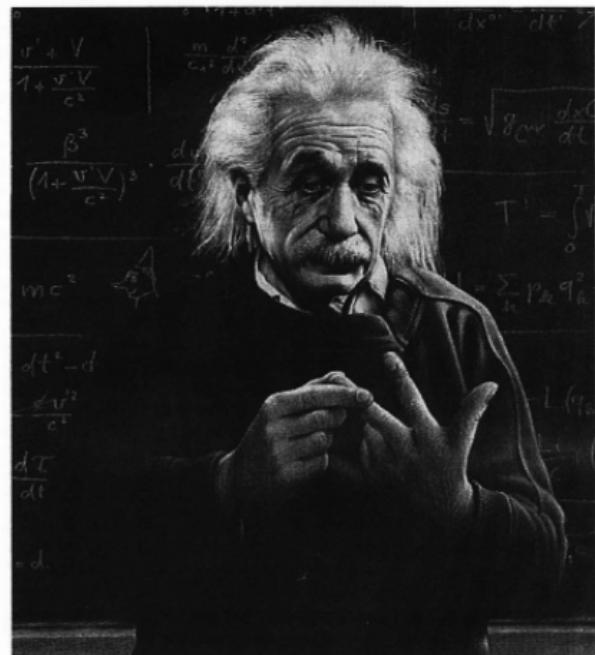
Ketvirtame tų metų A. Einsteino darbe buvo pateikta garsioji formulė $E=mc^2$, reiškianti energijos ir masės ekvivalentiškumo principą: kiekviename rimties mase turinčiame kūne yra sukaupti milžiniški energijos kiekliai. Jos eksperimentinė realizavimosi forma – atominė energija. Ir vėlesnias metais A. Einsteinas paskelbė nemazai fundamentalių mokslo darbų, tarp jų 1916–1917 m. bendrają relatyvumo teoriją. Tai tik dar labiau paryškina jo genialumą. Apie A. Einsteino darbų svarbą išsamiau galima paskaitai Romualdo Karazijos populiarime straipsnyje „Auksiniai Einsteino metai“¹¹.

Nepabréždami, kur yra specialioji, o kur bendroji relatyvumo teorija, pristatysime relatyvumo teoriją (RT) apskritai, panagrinėsime jos ryšį su Lietuvą ir profesionalių mokslinių RT tyrimų Lietuvoje rezultatus. Apie tai jau esame raše, kai buvo minimas RT 90-metis^{12,13}. To beveik nekartoosite, tik priminsime, kad pirmasis iki šiol žinomas lietuviškas straipsnis apie RT pasirodė žurnale „Kosmos“ 1921 m. Jo autorius būsimas chemikas Pranas Jucaitis. Iki 1941 m. apie RT įvairiuose žurnaluose ar leidiniuose dažnai rašė Pranas Dovydaitis, Antanas Juška, A. Račiukaitis, Vincas Čepinskis, Paulius Slavėnas, Stjepan Mohorovičić (chorvatas), Adomas Jakštėnas (Dambrauskas), Antanas Puodžiukynas, Julijonas Graurogkas (atskira knygėlė 1931 m.), Antanas Žviroras, Otonas Stanaitis, Konstantinas Šakenis, V. Frid-

¹¹ R. Karazija. Auksiniai Einsteino metai // Lietuvos dangus 2005. – Vilnius (2005), p. 85–87.

¹² J. A. Martišius. Relatyvumo teorijos idėjos Lietuvoje // Fizikų žinios. – 1995, Nr. 8, p. 9–10.

¹³ J. A. Martišius. Apie relatyvumo teoriją Lietuvoje // Mokslas ir gyvenimas. – 1996, Nr. 1, p. 11–13.



manas, Povilas Brazdžiūnas. Tai fizi-kai, astronomai, chemikai, inžinieriai, filosofai, matematikai, 1932 m. Kau-ne buvo išleista A. Einšteino draugo David'o Reichinstein'o knyga „Albertas Einšteinis, jo gyvenimas ir pasau-lėvaizdis“ (vokiečių kalba). Taigi au-torių ir leidinių buvo gana įvairių ir vi-suomenė apie RT buvo neblogai in-formuoata.

Po II pasaulinio karo apie RT raše arba ją dėstė Adolfas Jucys, Kazimie-ras Baršauskas, Henrikas Horodni-čius, Henrikas Jonaitis, Viktoras Ky-bartas, Viktoras Šugurovas, Kestas Ušpalis, Borušas Voronkovas, Jonas Grigonis. Filosofine prasme RT nagrinėjo Naumas Ickovičius, 1968 m. Vilniuje išleidęs monografiją „Reliatyvumo kategorijos esmės ir jos sąry-šio su absolютumo kategorija klausimu“ (rusų k.), kuri buvo apginta kaip daktaro disertacija. Logikos prasme RT nagrinėjo Liubomiras Kulviecas. Jo didelis straipsnis „Apie laiko savokos apibrėžimą Einšteino relatyvumo teorijoje“ (vokiečių kalba) yra keliuo-jaus leidiniuose. Tai buvo būsimos habiliuoto daktaro disertacijos dalis. Nurodome vieną jau pomirtinį šio vei-kalo leidimą⁴.

Keletas žodžių apie lietuvišką RT terminą *erdvėlaikis* ir jo vartoseną. Buvo rašyta⁵ ir manoma, kad ši lie-tuviškų terminą pradėjo vartoti apie 1936 m. A. Žironas, dėstydamas uni-versitetę „Fizikos istorija“⁶. Nesenai teko aptikti, kad terminą *erdvėlaikis* 1930 m. pavartojo P. Slavėnas „Kultūros“ žurnale⁷. Jis *erdvėlaiku* pa-vadino trijų su viršum puslapių straips-nio dalį ir nurodė, kad jis pradėjo var-tooti prof. Rokas Šliūpas. R. Šliūpas (1865–1959), Jono Šliūpo brolis, bu-vo baigęs Fizikos ir matematikos ir Medicinos fakultetus. Kuriamo savo straipsnyje jis pavartojo terminą *erd-vėlaikis*, reikėtų dar ieškoti.

Pastaruojo dešimtmiečio pradžioje pasirodė savitais prof. Kazimiero Pyrago ir Alvidos Lozdienės specialy-sios RT vadovėlis⁸. Jis skirtas fizikos ir matematikos specialybų studen-tams, magistrantams, doktorantams, fizikos ir astronomijos mokytojams. Knyga parašyta laisva dalykinė ir fi-losofine maniera, užpildo ilgai buvu-

sią šios srities vadovelių spragą. Kny-gos 1995 m. leidimas buvo pristaty-tas laikraštyje „Dialogas“ (1995 m. rugpjūčio 4 d., Nr. 31). Reikia pažy-meti, kad vidurinėse mokyklose RT skiriama mažai dėmesio. K. Pyragas ir A. Lozdienė minimo vadovėlio įžan-goje rašė, kad Einšteino relatyvumo principas tapo bendros kultūros ver-tibe ir „dabartinė švietimo sistema ne-gali duoti pilnavečio išsilavinimo, vi-siškai apeidama relatyvumo teoriją, jos neabejotinos reikšmės išvadas...“ (p. 12). Tai, kad šiai mokslo šakai skiriamais pernelyg menkas dėmesys, ro-do abiturientų vadovėliuose RT skirtų puslapių skaičiai: K. Šakenė vadovė-lis (1939) – 16 p.; G. Miakiševu ir B. Buchovcevo (1990) – 13 p.; V. Ta-rasonio (1998) – 13 p. Puslapių skaičiaus iki XX a. pabaigos ne tik nepadi-dėjo, bet net šiek tiek sumažėjo. Ar pasikeit RT vieta ir jos apimtis nau-juose vadovėliuose, iškeliant tos teorijos reikšmę Pasauliniais fizikos me-tais, pamatysime.

RT reikšmė ir plėtra Lietuvoje yra susijusių su prof. K. Pyrago vardu. Jis 1981 m. su visu šeima grįžo į Lietuvą ir gavo darbą tuometinio Vilniaus pe-dagoginio instituto (toliau VPI) Teori-nės fizikos katedroje. Tai buvo grįžmas į tėviškę po ilgų tremties į Sibirą metu, kur po karo buvo ištremti jo tē-vai su gausia šeima. K. Pyragas bai-gė aspirantūrą ir dirbo Kazanės uni-versitetė pas garsų gravitacijos teorijos specialistą akademiką A. Petrovą. Tai pasaulinio garso mokslininkas. Jo vardu pavadinta Einšteino erdviių klasifikacija: trys Petrovo erdviių tipai. Vėliau K. Pyragas dirbo Alma Atos universitetė, Kijevo fizikos institute ir Kijevo metrologijos institute, kur vadova-vavo gravitacinių bangų paešekšos grupėi. Prof. K. Pyragas į Lietuvą su-grįžo subrendęs 43 metų mokslininkas, jau žinomas bendrosios RT specialis-tas. Tuomet Tarybų Sajungoje jis ko-ordinavo tiriamiuosius kūnų judėjimo relatyvistinės gravitacijos teorijoje darbus, taigi natūralu, kad tie ryšiai ir pareigos nulémė RT raidą Lietuvoje.

Jau po metų VPI Fizikos fakulteto Teorinės fizikos katedroje buvo išteig-ta šios srities aspirantūra ir subverta jaunu žmonių darbo grupė. Ją sudarė:

Alvida Lozdienė, Arvydas Skernevicius, Kęstutis Svirskas, Ligita Vaičiūnienė. Iš pradžių buvo stengtasi pa-šalinti šios srities žinių spragas ir iš-studijuoti naujus tyrimo metodus, ku-rių pagrindą sudaro Rymano geometrija ir tenzorinis skaičiavimas. Vėliau buvo pereita prie realių uždavinų sprendimų. Grupėje buvo sprendžiami tokie uždaviniai, kaip antai, besi-sukančių ir nesisukančių dalelių judėjimo analizinis ir kokybinius tyrimas sferiniuose ir statiniuose gravitaciniuose laukuose. Sukimasis RT yra apibūdi-namas antisimetriiniu antrojo rango su-kinio tenzoriumi S. Bendroje RT, ne-svarbu kokia sukinio kilmė, dalelių su sukiniu judėjimą nusako tenzorių Pa-papetrou lygių sistema, apibrėžianti impulsą ir sukinio tenzoriaus kitimą. Kadangi ši sistema nėra pilna, i ją buvo įtraukiamas įvairių papildomų salygomis, kurios traktuojamos labai nevie-nareikšmiškai. Grupėje buvo atlieka-ma tokiai dalelių judėjimo stipriuose gravitacijos laukuose analizė, esant įvairioms papildomoms salygomis. Reikia pažymėti iki šiol atliekamus bandomujų dalelių judėjimo, orbitų eg-zistavimo ir stabiliumo tyrimus penki-a-matėje Kalucos ir Kleino teorijoje. Pasakutiniam mūsų straipsnyje⁹ bu-vo parodyta, kad aukštojo dažnio iš-oriinės jėgos gali stabilizuoti nestabi-lias apskritimines orbitas.

⁴ L. Kulviecas. „On the Problem of Formation of Physical Quantities“. – Second ed. – Vilnius, 2002, p. 134–233.

⁵ J. A. Martišius, K. Pyragas. Aleksoto pasididžiavimai // Fizikų žinios, 2004, Nr. 27, p. 16–18.

⁶ J. A. Martišius. A. Žirono „Fizikos istorijos“ paskaitų konceptas // Antanas Žironas: straipsniai, laiškai, atsiminimai. – Vilnius, 1999, p. 37–38.

⁷ P. Slavėnas. Reliatyvistinės pažvalgos į Visatą // Kultūra. – 1930, Nr. 10, p. 484–487.

⁸ K. Pyragas, A. Lozdienė. Specialyjo relatyvumo teorija. – Vilnius, 1996, p. 375.

⁹ K. Pyragas, K. Svirskas, L. Pyragas, On the Motion of Test Bodies Affected by Small External High-Frequency Forces in the Kaluza-Klein Theory of Gravitation / Baltic Astronomy. – 2004, Vol. 13, p. 41–49.

Priej idomesnių grupės darbų rezultatų galima priskirti ir stochastinių reiškinijų tyrimą Švarčiido gravitacijos lauke. Buvo nustatyta, kad, esant tam tikroms prieilaidsoms, apie bandomajį kūnų veikiančias jėgas ir energijos sklidą yra stebimi visi netiesinės sistemos perėjimo į chaotinį režimą pozymiai – svyravimo amplitudės pakopinės bifurkacijos, periodo dvigubėjimas fazinėje plokštumoje, pokyčiai Furje spektrė ir kiti, – sudarantys sąlygas atsirasti keistajam atraktoriui fazinėje plokštumoje. Rezultatai 1988 m. buvo išspausdinti tuometiniame Vilniaus astronomijos observatorijos biuletene.

Dar reikėtų paminėti temą, kuriai buvo skirta nemažai darbų, siejančią gravitacijos laukų klasifikavimą į tris Petrovo grupes su kristalų grupėmis. Idėja yra tokia: iš kristalų apibūdinančiu tenzorių algebriniu būdu galima sudaryti naujų tenzorių, pasižyminti tomis pačiomis simetrijomis, kaip ir Rymano tenzorius, kurio simetrijomis yra pagrįsta Petrovo klasifikacija. Tai leidžia ištirti, kokiomis fizinėmis savybė-

mis pasižymi kristalai, priklausantys vienai ar kitai Petrovo grupei.

Vadovaujant prof. K. Pyragui, Vilniuje buvo organizuoti trys simpoziumai, skirti kūnų judėjimo reliatyvistinėje gravitacijos teorijoje klausimams: du iš jų 1983 ir 1986 m. sajunginai, ir 1990 m. tarptautinis.

Tuo laikotarpiu buvo plėtota svari pedagoginė veikla ir parašyti vadovėliai. Nuo pat 1981 m. fizikos fakulteto mokymo programose atsirado nauji, iki tol neregisti kursai, tokie kaip Rymano geometrija, Specialioji RT, Bendroji RT, Reliatyvistinė astrofizika, Kosmologija. Iki tol Lietuvoje nebuvo specialistų, kurie gebėtų destytū ſiuos visiems studentams idomius dalykus. Pastarajį dešimtmjetį pasirodė minėtas K. Pyrago ir A. Lozdiénės vadovėlis. Bendroji RT studentams buvo išdėstyta K. Pyrago ir K. Svirsko dvičetė „Erdvėlaikio ir gravitacijos teorija“¹¹⁰. Dar reikėtų paminėti K. Pyrago, L. Pyrago ir triju autorių iš Kijevo universiteto parašytą mokslingą monografiją „Kokybiniai ir analininiai metodai reliatyvistinėje dinamikoje“ (ru-

su k.), išleistą Maskvoje 1995 m.¹¹¹. 2000 m. Vilniuje išleista K. Pyrago knyga „Gravitacinės bangos“¹¹², kuriuoje panaudotas kiek paprastesnis matematinis aparatas.

Iš pateiktos trumpos literatūros apžvalgos matyti, kad reliatyvumo teorijos klausimais lietuvių kalba buvo pradėta rašyti (1921 m.) netrukus po Bendrosios reliatyvumo teorijos sukūrimo ir lietuvių autorių dėmesys jai neblesta iki šiol.

¹¹⁰ K. Pyragas, K. Svirskas. Erdvėlaikio ir gravitacijos teorija. – 1-oji d. Matematinis įvadas. – Vilnius: VPU I-kla, 1996, 274 p.; 2-oji d. Bendroji reliatyvumo teorija. – Vilnius: VPU I-kla, 1998, 328 p.

¹¹¹ K. Pyragas, B. Jadanov, A. Aleksandrov, Yu. Kudry, L. Pyragas. Качественные и аналитические методы в релятивистской динамике. – Москва: Энергоатомиздат, 1995, 445 p.

¹¹² K. Pyragas. Gravitacinės bangos. – Vilnius: VPU I-kla, 2000, 57 p. Ilustracijos Saltinis:
<<http://www.robert-volkmann.de/schule.htm>>.

FIZIKA MOKYKLOJE

Stanislavas SAKALAUSKAS, Stasys TAMOŠIŪNAS
Vilniaus universiteto Fizikos fakultetas, stasys.tamosiunas@ff.vu.lt

TARPTAUTINIŲ FIZIKOS OLIMPIADŲ EKSPERIMENTINĖS ELEKTRONIKOS UŽDUOTYS

Jau buvo rašyta (*Fizikų žinios*, Nr. 27, 2004, p. 4–6), kad mūsų moksleiviams, kurie ruošiasi tarptautinėms fizikos olimpiadioms, iškyla palyginti daug sunkumų, susijusius su Lietuvos bendrojo lavinimo mokyklų fizikos ir tarptautinių fizikos olimpiadių programų neatitikimu. Tai ne vien tik sudėtingesnės teorinės fizikos užduotys, bet ir eksperimentui nustatyti laiku atlikti būtina naudojimosi patirtis šiuolaikišiais matavimais prietaisais; jų mokyklų kabinetuose negausu. Puiku, jei moksleivis kūrybiniai būrelyje, namie ar kitur turi noro ir galimiųjų eksperimentuoti, ką nors sukonstruoti ar pagaminti. Cia pateiktas tarptautinių

fizikos olimpiadių užduočių ir papildomojo ugdymo mokyklos „Fizikos Olimpas“ veiklos pavyzdžiais paryškinsime moksleivių darbo su elektro-ninių prietaisais patirties svarbą įveikiant olimpiadų eksperimento užduotis.

Tarptautinių fizikos olimpiadių eksperimento užduočių, susietų su elektronika, yra labai įvairūs. Pavyzdžiu, II olimpiadoje (1968 m. Vengrijoje), pasinaudojus dvem avometravais, kin-tamiosios ir nuolatinės įtampos saltiniais, neatidaranant triju nepermatomų vadinamuoj „juodujų dėžėjų“ teko ištirti, koks elementas (tai buvo varžas, kondensatorius ir ritė) yra kurioje iš tų dé-

žių ir nustatyti jų elektrinius parametrus. VII olimpiadoje (1974 m. Lenkijoje) tokioje „juodojoje dėžėje“ buvo du vienodi puslaidininkiniai diodai ir varžas, sujungti į dviejų išvadų grandine, ir reikėjo nustatyti varžo varžą dviem universaliaisiai srovės stiprio ir įtampos matavimo prietaisais, akumuliatorių baterija ir reostatu. VIII olimpiadoje (1975 m. Vokietijoje) teko sudaryti elektrinę grandinę puslaidininkinio prietaiso voltamperinei charakteristikai matuoti ir išnagrinėti sistemes paklaidas. Prieš tai reikėjo aprašyti, kaip galima patikimai apsaugoti prietaisą nuo perkrovų, jo grandinėje su varžu ištirti išejimo įtampos prikla-

somybę nuo jėjimo įtampos, nustatyti prietaiso tipą (tai buvo stabilitronas) ir pateikti praktinio panaudojimo pažydzį. X olimpiadoje (1977 m. Čekoslovakijoje), pasinaudojus harmoninių virpesių generatoriumi, kintamosios srovės ampermetru ir voltmetu, teko atskleisti „juodosios dėžės“, šiakart su trimis išvadais, paslaptį: iš matavimų rezultatų apskaičiuoti pilnintę varžą plačiai dažniai intervale ir iš jų rasti elektrinius elementų parametrus (dėžėje buvo du kondensatoriai ir varžas, sujungti žvaigžde), ivertinti voltmetu tekančias srovės poveikį matavimo tikslumui. XI olimpiadoje (1979 m. Sovietų Sajungoje) dalyvių vėl laukė „juodoji dėžė“ – šiakart su transformatoriumi. XV olimpiadoje (1984 m. Švedijoje) vienoje iš eksperimento užduočių teko nustatyti nežinomas varžos varže išskiriamą galią, sujungtus ji su diodu ir kondensatoriumi ir pasinaudojus kintamosios srovės generatoriumi ir dviejų spinduliu oscilografu. XVI olimpiadoje (1985 m. Jugoslavijoje) vienoje iš eksperimento užduočių reikėjo nustatyti „juodojoje dėžėje“ paslėptų magnetų centrų padėtį ir orientaciją, ju sukuriamo magnetinio srauto tankį. Tai padaryti reikėjo pasinaudojant tokiu pat, kaip ir paslepėj, nuolatinui magnetu, nurodyti vijų skaičiaus ir nurodytos varžos matavimo rite, dviem ritēmis magnetiniam laukui sukurti, voltmetu, ampermetru, kintamaja varža ir specialios paskirties elektroninė schema. Kitoteis olimpiados eksperimento užduotyje teko ištirti kintamosios srovės variklio diskio greitėjimo ir lėtėjimo vyksmus, nustant sukumo jėgą momento ir variklio galios priklausomybes nuo kampinio greičio, panaudojus tam indukcinį keitiklį ir daugiakanalį sekundmatį su kompiuteriu. XIX olimpiadoje (1988 m. Austrijoje) teko ištirti termoelektroninė emisiją ir nustatyti elektronų išlaisvinimo darbą, pasinaudojus Ričardsono formule ir dviejuose elektrodų vakuuminiu lygintuvu, universaliais matavimo prietaisais, baterijomis ir varžais, pažymėtais tada daugeliui mūsų neįprastomis spalvotomis juostelėmis. Reikėjo be omattro matavimo prietaisais tų varžų varžas, elektroninės lempos soties srovės stipri, esant įvai-

riai katodo temperatūrai. XX tarptautinės fizikos olimpiados (1989 m. Lenkijoje, čia Lietuva pirmą kartą atstovavo atskira Lietuvos rinktinė) dalyviai tyriėjo pjezoelektrinius diskus sandarių uždarytuose polietilenio maišeliuose su įvairiais skyčiais, panaudodami tam sukalibruotą harmoninių signalų generatorių ir dviejų spinduliu oscilografą. Ivertindami paklaudas, turėjo nustatyti, kokiam dažniui esant tie diskai labiausiai tinkta ultragarso bangoms skystyje sukelti ir registruoti. XXIV tarptautinės fizikos olimpiadoje (1993 m. JAV) vienoje iš eksperimento užduočių reikėjo nustatyti cilindro formas nuolatinio magnetu absolūtių magnetinio momento vertę ir ašinės simetrijos magnetų sistemos magnetinio srauto tankį, darbo pradžioje be įrodymu gavus magneto mažųjų svyravimų periodo ir aluminium vamzdeľyje iđėtos ašinės simetrijos magnetų sistemos magnetinio srauto tankio formules, panaudojus tam specialiai sukonstruotą aparatūrą. XXV olimpiadoje (1994 m. Kinijoje) – ir vėl „juodoji dėžė“ su trimis pasyviaisiais elementais, kuri buvo tiriamą varžą, harmoninių signalų generatoriumi ir dviejų spinduliu oscilografu. XXVIII olimpiadoje (1997 m. Kanadoje) teko ištirti viename gale įtvirtintą bimorfinį plokšteli, sudarytą iš dviejų stipriai sutvirtintų pjezoelektrinės medžiagos sluoksninių, nustatyti laisvojo galo poslinkio priklausomybę nuo įtampos, elektrinę talpą, atsižvelgiant į prarandamą energijos kiekį ir histerezę, tam panaudojant laserį, multimeterą, potentiometrą, varžus ir įtampos šaltinių. XXIX olimpiadoje (1998 m. Islandijoje) reikėjo ištirti sūkurinių srovų magnetinį ekranaivimą, nustant slopinimo koeficientą priklausomybę nuo dažnio, ir magnetinių srautų sąveiką, nustant ferito sanykinę magnetinę skvarbą, pasinaudojus matavimo rite, pasagos formas feritine šerdimi su dvemis ritēmis, pasagos formas feritine šerdimi bei ričiu, funkciiniu generatoriumi, dvemis multimetrais ir įvairių storiju aluminio folija. Nors eksperimento užduoties aprašyme buvo pateikta naudojimosi prietaisais instrukcija ir teoriniai modeliai, tačiau dėl būtinų atlikti matavimų ir skaičiavimų

gausos neliko laiko išmokti naudotis prietaisais ir laimi tie dalyviai, kurie jau turi matavimų patirtį. Multimetrais teko naudotis XXXI olimpiadoje (2000 m. Anglijoje), kai spektrometru iš kompaktinio disko reikėjo ištirti fotovaržos laidumo spektrinę charakteristiką ir magnetinio ritinuko judėjimą nuo žulnijai plokštuma, ir XXXIII olimpiados (2002 m. Indonezijoje) vienoje iš užduočių elementariu kruvio ir Boltzmano pastoviosios santykii rasti tipliant vandens elektrolizę.

Mokykloje „Fizikos Olimpas“ elektronikai mokyti rudens sesijoje (spalio mėnesį) iki šiol buvo skiriamos 6 valandos teorinių paskaitų, o žiemos sesijoje (sausio mėnesį) – 8 valandos teorinių paskaitų ir pratybų. Rudens sesijoje moksleiviai išklauso tokios tematikos paskaitas: elektrinių signalų ir pagrindinių elektinių grandinių dėsniai; puslaidininkinės $p-n$ sandūros fizika; puslaidininkiniai diodai; dvipolio tranzistoriaus fizika ir jo jungimo būdai; tranzistorinių stiprintuvių. Namų darbams skiriamas uždavinukas, kurio sprendimui reikia panaudoti kompleksinio kintamojo funkcijas. Anksčiau buvo bandoma duoti praktinę užduotį (sumontuoti nurodytą elektrinę grandinę, o atvykus į žiemos sesiją, ją išbandyti eksperimentuiskai), tačiau moksleiviams toks darbas dažnai nesisekė – ne kiekvienas fizikos mokytojas galėjo pakonsultuoti, patarti. Žiemos sesijoje išklausomos tokios tematikos paskaitos: operacinių stiprintuvų sandara ir ypatumas, i Jungimo būdai; skirtuminis stiprintuvas, veikiantis operaciniu stiprintuvo pagrindu. Operaciniams stiprintuvams čia skiriamas didesnis dėmesys todėl, kad daugelio šalių vidurinėse mokyklose, gimnazijose moksleiviai su jais supažindinami teoriškai, sprendžiamai įvairūs uždaviniai, ypač dažnai įtraukiant Vitstono tiltelį. Pratybų metu moksleiviai supažindinami su pagrindiniais matavimo prietaisais (dviejuose spinduliuose oscilografu, harmoninių ir impulsinių signalų generatoriais, varžų ir įtampų matuokliais), jų ypatumais ir savybėmis; susipažista ir praktiškai pritaikalo pagrindinius matavimų technologijos elementus ir dėsningumus; eksperimentuoja su operaciniu stiprintuvu ir

nustato stiprino koefficiente, signalaus patenkant į invertuojančią arba ne-invertuojančią jėjimą, priklausomybes nuo varžo varžų ir dažnio. Užduotys čia turi būti individualios, nes moksleiviams, neturintiems galimybę mokykloje geriau susipažinti su minėtais prietaisais, reikia daug padėti ir aiškinti. Prieš keletą metų praktinis moksleivių pasirengimas buvo geras, todėl ir užduotys buvo duodamos sudėtingesnės, pavyzdžiui, keturpolio „juodojoje dėžeje“ išyrimas įvairiausia matavimo prietaisais, o perdvamo koefficiente dažničinės priklausomybės paaiškinimas.

Su elektronika susijusio eksperimentinio darbo patirtis kaupiama ir fizikos praktikumo pamokose, vykstante „Fizikos Olimpo“ mokyklų remianto Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto bendrosios fizikos praktikumo laboratorijose, naudojant patikrinus prietaisus ir ivertinant matavimų paklaides. Čia pravartu nurodyti tokias elektros laboratorijos darbų temas: induktivumo ir elektrinės talpos radimas tiriant srovės relaksaciją; feromagnetinių magnetinių savybių ir magnetinio lauko ritėje tyrimas; puslaidininkinio diodo voltamperinės charakteristikos, įtampų ir srovė rezonanso kintamosios

srovės grandinėse, slinkties ir laidumo srovės santykio priklausomybės nuo elektinio lauko dažnio tyrimai.

Kiekvieną mokslo metų ketvirtį mokykloje atliekami ne tik laboratoriinių darbų, bet ir rengiamos mokomojių olimpiados, į kurių programas įtraukiamos tiek originalios (parengus reikalingą įrangą), tiek mintinių eksperimentų užduotys. Tikimės, kad čia nors glaučiai patiekti tarptautinių fizikos olimpiadų užduočių ir mūsų darbo pavyzdžiai gali būti naudingi Lietuvos bendrojo lavinimo mokyklų fizikos mokytojams, rengiantiems moksleivių olimpiadoms.

Aušra KYNIENĖ

VU Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, Saulės vid. mokykla

LIII MOKSLEIVIŲ FIZIKOS OLIMPIADOS ANTRASIS ETAPAS

2005 m. sausio 29 d. I Vilniaus šv. Kristoforo vidurinę mokyklą susirinko 422 Vilniaus miesto moksleivai pabandyti spręsti sudėtingū fizikos uždaviniai. Daugiausia LIII moksleivių fizikos olimpiados antrajame etape panoro dalyvauti devintų klasių, o kaip visuomet mažiausiai – dvylirkų klasių moksleivių.

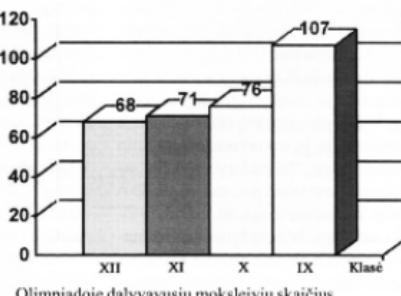
Kaip ir kiekvienais metais, užduotis olimpiadai rengia Vilniaus universitetu, Vilniaus pedagoginio universitetu, Šiaulių universitetu, VU Teorinės fizikos ir astronomijos instituto, Vytauto Didžiojo universitetu ir Kauko technologijos universitetu dėstytojai, 9-tų ir 10-tų klasių moksleiviai turėjo spręsti keturis uždavinius ir daugiausia galėjo surinkti 40 taškų. 10-tų ir 11-tų klasių moksleiviai turėjo spręsti penkis uždavinius ir galėjo surinkti 50 taškų. Mažiausiai taškų iš galimos surinktų taškų sumos yra surinkę 9-tų klasių moksleiviai. Tai susiję su jiems pateiktų užduočių sunkumu. Šiai moksleivių grupei dalis parengtų užduočių neatitiko bendrijų fizikos programų ir buvo per sudėtingos.

Galima daryti bendra išvadą, kad užduočių rengėjai nėra pakankamai susipažinę su fizikos bendrojo turinio mokymo programomis. Tai pastebima ne tik iš devintų, bet ir kitų klasių uždaviniai. Vadinas, nesuderintas ne tik

aukščiausiu mokyklų ir bendrojo lavinimo mokyklų turinys, bet ir akivaizdi problema, susijusi su matematikos bendrojo lavinimo programa.

Būtų tikrai geriau, jei užduotis rengiantys dėstytojai pasidomėtų mokyklų programomis ir pateiktų jų lygio užduotis. Gaila šioje olimpiadoje dalyvavusių devintų klasių moksleivių, kuriems tai pirmoji olimpiada ir kurioje jie jau noriai ir gausiai dalyvavo. Po olimpiados ne vienas devintokas buvo nusivylepės pateikomis užduotimis. Akivaizdu, kad dalis gabiu devintokų kitais metais gali ir visai nebandyti savo jėgų fizikos olimpiadoje.

Moksleivių darbus vertino 30 fizikos pedagogų. Buvo paskirtos 48 prižinės vėtos: pirmia vieta – dešimčiai moksleivių, antra vieta – vienuolikai moksleivių ir trečia vieta – penkiolikai moksleivių. 38 moksleiviai paskatinti pagyrimo raštais. Moksleiviams, užėmusiems prizines vietas, diplomas ir pagyrimo raštus numatoma ieteiki balandžio mėn. pabaigoje arba gegužės mėn. pradžioje. Mažaug keturi dešimčiai geriausiu moksleivių bus



pasiūlyta dalyvauti trečiajame fizikos olimpiados etape. I ši etapą bus paskirsti ir praėjusius metų trečiojo etapo, ir fizikos čempionato nugalėtojai. Trečiasis fizikos olimpiados etapas numatomas kovo mėn. pabaigoje – balandžio mėn. pradžioje.

Matyt, kad daugiausia tokiai moksleivių yra Vilniaus licėjue. Apie trečdalį ar ketvirtadalį moksleivių, užėmusių 1–3 vietas, turi gimnazijos. Išsamūs olimpiados rezultatai yra pateikti tinklalapio <www.vilnius.lt> švietimui, jaunimui ir sportas skiltyje, o olimpiados užduotis galima rasti fizikos mokytojų asociacijos tinklalapyje <www.lfma.ivi.lt>.

Nuoširdžiai sveikiname antrojo etapo nugalėtojus ir jų mokytojus, kurie parengė šiuos moksleivių.

Pateikiame mokyklų, kurių moksleiviai užėmė 1–3 vietas sąrašą. Prijus pasidalijo Vilniaus mokyklos: Ličėjus – 12, „Juventus“ gimnazija – 4, Jėzuitų gimnazija – 3, „Santaros“ vidurinė mokykla – 3, Žirmūnų gimnazija – 3, Karoliniškių gimnazija

– 2, Levo Karsavino vidurinė mokykla – 2, Mykolo Biržiškos gimnazija – 2, Vladislovo Sirokomlės vidurinė mokykla – 2, Žemynos gimnazija – 2, „Minties“ gimnazija – 2, Radvilių gimnazija – 2, Antano Vienuolio gimnazija – 1, „Žaros“ vidurinė

mokykla – 1, Aleksandro Puškinio vidurinė mokykla – 1, Salomėjos Nėries gimnazija – 1, Tuskulėnų vidurinė mokykla – 1, Mindaugo vidurinė mokykla – 1, Žvėryno gimnazija – 1, „Ateities“ vidurinė mokykla – 1, Gabijos gimnazija – 1.

FIZIKA LABORATORIJOSE

Gintaras VALUŠIS

Puslaidininkų fizikos institutas

ANAPUS TERAHERCU

Genamas aklo troškimo pamatyti kuo daugiau įvairių ir keistų išmaningos gamtos sukurtų formų, kairodžio-damas tarp tamšių uolių, priėjau didelio urvo angą [...] Staiga manyje pabudo du jausmai: baimė ir troškimas: baimė tamšaus ir kraupaus urvo ir troškimas pamatyti, ar nėra ko nors stebuklingo jo gilumoje.

Leonardo da Vinci, Codex Arundel, 115 r.



Leonardo da Vinci. Mergina, rodanti anapus matomų dalykų. Windsor RL 12581

Pradėjau nuo labai toli – nuo *Leonardo da Vinci*, vieno iš Renesanso epochos korifėjų, sukūrusio ne tik ai-
bė tapybos šeivedrų, bet mokslų ir
technologijos meną, daugybę netikėto
rakurso analitinių piešinių. Ir visai
ne todel, kad pastaruoju metu jo pa-
vardė mirga ant vieno iš pasaulinių
besteserių, pavadinto „Da Vinčio ko-
das“ ir sukeliusio tick daug įvairių dis-
kusijų, viršelio¹⁰. Man iš tiesų labai pati-
tinkjo jo tapyba ir piešiniai, žaviuosি Leonardo
inžineriniai išradimai ir jo architektūrinėmis idėjomis. Ir vis dėlto

labiausiai mane keri jo svajonė – „pa-
vaizduoti nematomą“, žiūrėti „anapus
matomų dalykų“. Ši mintis dominuoja
beveik visoje Leonardo kūryboje.
Žvilgtelkite į „Išminčių pagarbino“
ar šešeliuose paskendusios „Madonos
olose“ personažus ir pastebėsite, jog
jų žvilgsniai tarsi nukreipti „kažkur
anapus“, jų rankų judesiai rodo ten, kas
nematomai. O ką jau kalbėti apie pas-
laptingąjį Monos Lizos žvilgsnį ir jos
daugiaprasmybės tapusią daugelio studijų objektais... Nematomi
dalykai tapyboje, muzikoje, architektū-
roje, gamtos reiškiniai, jų priežastys ir
galimas panaudojimas yra viena iš la-
biausiai dominuojančių ir gausių jo už-
rašų temų. Leonardo sakosi esas me-
nininkas, siekiantis žvilgtelti už pasau-
lio ribų, besistengiantis suciupti tai, kas
išsprūsta. „Gamtoje niekas nevyksta
be priežasties; suprask priežastį ir tau
nebereikės eksperimentuoti“, rašė Leo-
nardo.

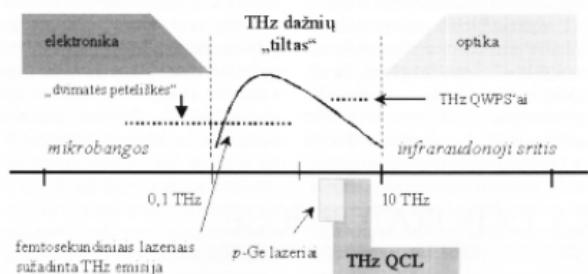
Šiekart ir aš norėčiau pasinaudotи
šia puikia Leonardo idėja ir pabandyti
„pažiūrėti anapus“ vienos iš šiandien-
os aktualiausių fizikos temų – tera-
hercu (THz) fizikos ir technologijos.
Kodėl ši sritis šiandien yra tokia ak-
tuali, kokie fizikiniai reiškiniai čia sly-
pi ir kokios jų taikymo galimybės?

**Terahercų savitumas ir žave-
sys.** Pagal apibrėžimą, 1 THz yra
 10^{12} Hz, o THz dažnai apima juostą

nuo 0,1 THz iki 10 THz. Atrodyt, kas
čia ypatingo, tai yra aukštadažnė elektro-
magnetinių bangų spektre esanti tarp
mikrobangų ir infraraudonosios srities
(žr. 1 pav.). Tačiau, žvilgtelėjus per
prietaisų kūrimo principu prizme, pa-
aiškėja THz dažnių ruožo savitumas
– terahercai yra tarsi savotiškas „til-
tas“, jungiantis klasikinį ir kvantinį fiz-
ikos pasaulius. Taigi, kuriant įvarius
prietaisus šiam dažnių ruožui, reikia
ieškoti labai savitų fizikinių ir technolo-
ginių sprendimų, turinčių ir derinan-
čių gana skirtinges koncepcijas.

Taigi dėl šios priežasties iki pat
XXI a. pradžios, nebuvu kompaktiš-
ku THz dažnio spinduliuotés šaltinių.
Iki tol, atsižvelgiant į sprendžiamą pro-
blemą ir uždavinio tikslus, galima iš-
skirti tris pagrindinius THz spinduliuo-
tés gavimo būdus. Jei reikia tirti die-
-

¹⁰Turima galvoje populiaris Dan'o Brown'o knyga, intriguojančiai pasakojanti savitą šventojo Grailio versiją, Siono broliją ir Leonardo da Vinci sąsajas su jais analizuojanti paslaptingas užuominias ir galimą jų
prasmę, sumanai Leonardo užkoduota savo paveiksluose. Knyga išversta į 42
pasaulio kalbas, o jos tirazai jau perkopė
18 mln. ribų. Detalių informaciją galima
rasti interneto svetainėje <http://altreligion.about.com/library/bl_davincicode.htm>.



1 pav. THz dažnių ruožo savitumas – teraherčiai yra tarsi savotiškas „tiltas“, jungiantis klasikinį ir kvantinį fizikos pasaulius. Mikrobangų srityje prietaisų veikimas remiasi klasikinės krūvininkų pernai dėsniais, o infraraudonosios spektro srityje – kvantinės mechanikos taisyklėmis nusakomais šiuolais tarp diskrečių būsenų. Parodyta keletas būdų THz spinduliuotės sugeneruoti: optoelektroninis būdas, naudojant femtosekundinius lazerius, žadinančius puslaidininkio pavaršiu; kietojo kūno p-Ge lazeriai ir THz kvantinių pakopinių lazeriai (QCL) bei dažnių ruožas, kuriamie jie veikia. Pavaizduota taip pat dviejų tipų kietojo kūno jutiklių – „dvimatas peteliukis“ ir THz QWIP (*quantum well infrared photodetectors*) – dažnių ribos.

lio intensyvumo spinduliuotės sąveiką su medžiaga, galima pasitelkti laisvuju elektronu – jų impulsinės spinduliuotės galia siekia net iki 100 MW, dažnių juosta – nuo vieno iki kelių dešimt THz, o impulsų trukmės – iki kelių pikosekundų²⁾. Taigi tokiu prietaisu galima tyrinėti ir labai trumpus pereinamuosius procesus. Jei tokie procesai mums nėra įdomūs, o domėnikai tu nuostoviosios veikos žadinimo salygomis egzistuojantys reiškiniai, galima naudoti molekulinių optinio kaupinimo THz lazerį: galingas iki 50 W³⁾ nuostoviosios infraraudonosios spinduliuotės lazeris kaupina tam tikras, pvz., metanolio, skruzdžių rūgšties ir kt. dujas. Taip galima gauti nuo 0,4 THz iki 7,3 THz dažnių spinduliuotę, o pasiekiamą galia yra iki 150 mW. Dar vienas, ypač mokslinėse laboratorijose labai populiarus metodas THz spinduliuotė gauti yra puslaidininkui, pvz., InAs ar GaAs fasetiniams femtosekundiniems trukmės (1 femtosekundė yra 10^{-15} s) lazeriniai impulsais: optiškai sugeneruoti krūvininkai, stipriai greitamai puslaidininkio pavaršiu lauko, gali išspinduliuoti labai platus spektro, net iki 15 THz⁴⁾, impulsus. Tuo jis skiriasi nuo pirmaisiais dvemis būdais gautos THz spinduliuotės, kuri yra diskretinės linijos spektre. Nors šios modernios generacijos sistemos

ir yra galingi mokslinio tyrimo instrumentai, deja, jos visiškai nėra tinkamus naudoti komercinėse THz elektronikos schemose, nes yra didelių matmenų ir reikalauja labai tikslaus optiminio suderinimo. Todėl kompaktiškų koherentinių THz spinduliuotės šaltinių sukūrimas tapo vieniu iš pirmiaeilių uždavinii ne tik THz elektronikai – tai buvo didelis iššūkis fizikams ir technologams – kokie gi principai gali būti taikomi šiam dažnių ruožui, esančiam tarp klasikinės ir kvantinės fizikos? Vieną iš sėkmingsų pirmųjų žingsnių, matyt, galima laikyti *p* tipo germanio lazerių, panaudojančių šiuolius tarp lengvųjų ir sunkiųjų skylių pajuosių, sukūrīm⁵⁾. Ir vis dėlto didžiausiai svaržių suskėlė THz kvantinio pakopinio lazerio išradimas⁶⁾. Šis prietaisas gali būti gražiu pavyzdžiu, kaip galima suderinti kvantinės ir klasikinės fizikos konceptcias: tame THz spinduliuotė generuoti panaudojami šiuolai tarp elektronų būsenų atitinkamai sudarytuose puslaidininkiuose nanodariniuose⁷⁾, o sugeneruotų modų sklidimas (*mode confinement*) nukreipiamas tame pačiame puslaidininkiuose nanodarinyje pagamintais minibangolaidžiais, plačiai naudojamais mikrobangų ruože. THz QCL darbo režimo tobulinimas, mažinant slenkstines generacijos sroveles, siekiant kuo

aukščiausios darbo temperatūros ir kiek galinti žemesnio THz dažnio⁸⁾, optiškai žadinamų THz emiterių galios didinimas ir dažnių juostos išplėtimas yra vieni iš aktualiausių šiuolaikinės taikomosios fizikos uždavinii – šiandien yra sunku rasti *Applied Physics Letters* ar *Journal of Applied Physics* numerį, kur ši tema nebūtų lie-

²⁾ <http://sbfe13.ucsb.edu/www/vl_fel.html> – čia galima rasti ne tik jo veikimo principo aprašymą, bet ir visų, šiuo metu pasauluje vienkaičių laisvujų elektromagnetinių lazerų katalogą.

³⁾ Nors šis skaičius ir neatrodė išpūdinės, vis dėlto, esant nuostoviosios veiklos režimui, tai yra didelė lazerio galia – nuo jos „lepsnoja“ netgi paprastos plytotos.

⁴⁾ Y. C. Shen, P. C. Upadhyea, H. E. Beere, E. H. Linfield, A. G. Davies, I. S. Gregory, C. Baker, W. R. Tribe, and M. J. Evans, Generation and detection of ultrabroad terahertz radiation using photoconductive emitters and receivers, *Appl. Phys. Lett.* **85** 164 (2004).

⁵⁾ E. Bründermann, A. M. Linhard, H. P. Röser, O. D. Dubon, W. L. Hansen, and E. E. Haller, Miniaturization of *p*-Ge lasers: Progress toward continuous wave operation, *Appl. Phys. Lett.* **68** 1359 (1996) ir čia cituota literatūra.

⁶⁾ R. Köhler, A. Tedricucci, F. Beltram, H. E. Beere, E. H. Linfield, A. G. Davies, D. A. Ritchie, R. C. Iotti, and F. Rossi, Terahertz heterostructure laser, *Nature* **417**, 156 (2002).

⁷⁾ <<http://www.bell-labs.com/org/physicalsciences/projects/qcl/qcl.html>> – šioje Bell laboratorijų interneto svetainėje galima rasti kvantinio pakopinio lazerio veikimo principą ir gaminimo technologijos aprašymą, taip pat galimus taikymus. Kitoje svetainėje, <<http://www.unine.ch/phys/meso/>>, galima rasti ir garsuji straipsnį 1994 m. *Science* žurnale, kuriamo buvo paskelbtą apie QCL'ų išradimą.

⁸⁾ Jei pirmasis THz kvantinis lazeris veikė 4,4 THz dažniui, tai šiandien pasiekta žemiausias THz dažnis yra 2,9 THz (S. Barbieri, J. Alton, H. E. Beere, J. Fowler, E. H. Linfield, and D. A. Ritchie, 2.9 THz quantum cascade laser operating up to 70 K in continuous wave, *Appl. Phys. Lett.* **85** 1674 (2004)), o aukščiausia veikimo temperatūra, esant impulsiniams režimui, 137 K (B. Williams, S. Kumar, H. Callebaut, Q. Hu, and J. L. Reno, Terahertz quantum cascade laser operating up to 137 K, *Appl. Phys. Lett.* **83** 5142 (2003)).

čiamą. Panašią, jei ne lygiavertę,istoriją galima būtų papasakoti ir apie THz jutiklius: mažų matmenų jautrūs ir plačiausiočiai jutikliai, kurie būtų gerai suderinami su puslaidininkiniu elektronika ir galėtų veikti ne kriogeninėse temperatūrose, vis dar išlieka dideliu stabdžiu, taikant THz dažnių ruožą praktikoje. Didelės vilčys siejamos su šiuolaikinės medžiagų inžinerijos galimybėmis – tikimasi, kad ji (kaip ir THz kvantinių pakopinių lazerių atveju) padės sukurti ir jautrius, ir labai sparčius THz jutiklius. O kol kas... O kol kas komercializuoti tik piroelektroniniai jutikliai (deja, jie nėra jautrūs), bolometrai (jie šiuo trūkumu neturi, bet jų darbui reikia skystojo helio ir labai subtilius mažatriukštės elektronikos), įvairios antenos, pavyzdžiu, „kubo kampo“ (*corner cube* antena⁹) (deja, jie nėra plačiauostė, o jos ir mechaninė konstrukcija yra ganetinai trapū...). Mokslinėse THz laboratorijose jutiklių įvairovė kur kas didesnė: be jau minėtų prietaisų, čia galima rasti ir specifios konstrukcijos Schottky diodų, įvairaus tipo maišytuvų ar įvairaus dizaino puslaidininkinių nanodarinių jutiklių, o optoelektronikos laboratorijose itin mėgstantas elektrooptinis THz dažnio detekcijos metodas, kuri pasitelkus galima apčiuopinti ne tik ypač silpnus (net iki mV/cm dydžio) elektrinius THz dažnio laukus, bet juos detektuoti labai plačiajame, nuo 100 GHz iki 30 THz, dažnių ruože¹⁰.

Quo vadis, THz? Biologiskai svarbių proteinų molekulės plazma džiuse ir kietajame kūne osciliouoja THz dažniu, mažos molekulės sukas THz dažniu, draudžiamoji superlaidininkų juosta yra ties šiaisiai dažniais, elektroinai puslaidininkiniuose dariniuose turi rezonansus terahercuose, didžioji dalis kosminės spinduliuotės irgi patenka į THz dažnių sritį¹¹... THz spinduliuotės lengvai skverbiasi per drabužius, kartoną, plastiką, todėl sekmingai gali būti panaudota saugumo tikslams: medicinoje diagnozuoti ankstyvosios stadijos odos vėžį, ji yra tinkama stomatologijos reikmėms, įvairioms bacterijoms ar virusams nustatyti... Tai ir buvo pagrindinės priežastys, sukėlusios jau keletą metų besišešianti terahercinių tyrimų buma ir jo pagrindini-

nes temas biologijoje, chemijoje, fizikoje, medicinoje. Šiandien sunku nuopėti, kur pasukus THz technologijos evoliucija, aišku tik tai, jog THz spinduliuotės šaltinių ir detektorių tobulinimas bus viena iš pagrindinių temų, nes tik nuo juo priklauso ir THz elektronikos raida, ir THz spektroskopijos instrumentų galimybės. Paminėsiu tik du uždaviniai, kurie ypač kausto fiziku ir technologu dėmesį. Pirmasis iš jų susijęs su kompaktiškais THz šaltiniais: ar pavyks padaryti THz kvantinių pakopinių lazerių iš silicio ar silicio/germanio nanodarinių¹², nes bent siūlisciai yra visos šiandieninės elektronikos pagrindas? Antrasis iš jų susijęs su labai jautrių THz jutiklių, galinčių būti terahercinės CCD kameros registruojančias elementais, kūrimu. Koks fizikinis principas galėtų būti panaudotas jų veikimui ir ar pavyks juos sukonstruoti ir pagaminti¹³?

Terahercų Lietuvoje. Lietuvos fizikai taip pat yra aktyvūs terahercinių tyrimų dalyviai. Šiandien visi šios temos tyrimai sutelkti Puslaidininkų fizikos institute, kuriamo keturių grupės – dvi teoretikų ir dvi eksperimentatorių – sekmingai darbuojasi, spręsdamos tiek terahercinių šaltinių, tiek jutiklių kūrimo problemas.

Kaip jau buvo minėta, kompaktiški THz spinduliuotės šaltiniai yra gana subtilūs prietaisai, turintys tik kelių mikronų storio aktyvią sritį, kuri pati dar gali būti sudaryta iš daugybės nanoetrinės (1 nm yra 10^{-9} m) storio sluoksninių. Prieš pradenant gaminti tokius prietaisus, jų veikimas yra kruopščiai modeliuojamas. Čia svarbu ne tik pats darinio dizainas – medžiaga, jos sluoksniai seka, storis ir legiravimo laipsnis – ypatinga reikšmė turi ir triukšminės savybės (daugeliu atveju būtent jos lemia prietaiso veikimo ribas), ir darbo režimų parinkimas, ir konstrukcinių prietaiso ypatumas. Čia Puslaidininkų fizikos instituto teoretkai nuveikė labai daug. Visiškai nesenai prof. A. Reklaitis su kolegomis, detaliai ištreyse karštųjų elektronų pernašos reiškinius tūriniai GaN, įrodė, kad iš šios medžiagos pagaminti grūtiūiniai (arba IMPATT, *impact avalanche transit time*) diodai gali veikti kaip geri THz spinduliuotės iki

0,7 THz dažnio šaltiniai¹⁴. Ką tik pa-siropdžiuose darbe¹⁵ tie patys auto-riai surado salygas, kaip tokiuose diodo-ose galima sumažinti triukšmą net 1000 kartų, o tai yra itin svarbus fak-

⁹ Apie jos veikimą ir konstrukcijos subtilybes galima paskaityti <<http://www.farran.com>>.

¹⁰ K. Liu, J. Xu, and X.-C. Zhang, GaSe crystals for broadband terahertz wave detection, *Appl. Phys. Lett.* **85** 863 (2004). Kartu siūlau apsilankytį vieno iš pasaulio žymiausiųjų terahercų specialistų, t. y. X.-C. Zhang'o, interneto svetainėje <<http://www.rpi.edu/~zhangxc/>>. Ten rašoma ne tik apie jo grupės veiklą. Pateikta daug skaidrių ir tekstų apie terahercų svarbu bei panaudojimą.

¹¹ P. H. Siegel, Terahertz technology, *IEEE Transact. Microwave Theory and Technol.* **50** 910 (2002).

¹² Šiuolaikiniai THz pakopiniai lazeriai yra pagaminti iš GaAs/AlGaAs nanodarinių. Pastangos padaryti silicio QCL rezultatai nedavė – pastebėta tiki spontanė elektroluminescencija (R. Bates, S.A. Lynch, D.J. Paul, Z. Ikonik, R. W. Kelsall, P. Harrison, S.L. Liew, D. J. Norris, A. G. Cullis, W. R. Tribe, and D. D. Arnone, Intersubband electroluminescence from Si/SiGe quantum cascade emitters, *Appl. Phys. Lett.* **83** 4092 (2003)).

¹³ Vienas iš būdų yra jau minėti THz QWIP – jų veikimo principai yra aprašyti interneto svetainėse: <http://www.acro.se/templates/Page_224.aspx> ir <<http://www.ee.leeds.ac.uk/homes/PH/projects/qwips/>>. Nors jie puikiai veikia infraraudonojoje elektromagnetinio spektro dalyje, šio principo perkėlimas į THz dažnių sritį yra susijęs su tamsinės srovės, triukšmo ir fotoautrio (photoconductive gain) problemomis. Detaliau: M. Graf, G. Scalari, D. Hofstetter, J. Faist, H. Beere, E. Lindfield, D. Ritchie, and G. Davis, Terahertz range quantum well photodetector, *Appl. Phys. Lett.* **84** 475 (2004); C. Liu, C.Y. Song, A.J. SpringThorpe, and J.C. Cao, Terahertz quantum well photodetector, *Appl. Phys. Lett.* **84** 4068 (2004).

¹⁴ A. Reklaitis and L. Reggiani, Monte Carlo study of hot-carrier transport in bulk wurtzite GaN and modeling of a near-terahertz impact avalanche transit time diode, *J. Appl. Phys.* **95** 7925 (2004).

¹⁵ A. Reklaitis and L. Reggiani, Monte Carlo investigation of current-voltage and avalanche noise in GaN double-drift impact diodes, *J. Appl. Phys.* **97** 043709 (2005).

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA

FIZIKŲ ŽINIOS

Nr. 28

Lithuanian Journal of Physics = Lietuvos fizikos žurnalo priedas

| | | |
|------------------------|--------------------------|---------|
| Vyr. redaktorė | Eglė MAKARIŪNIENĖ | FI |
| Redaktorės pavaduotoja | Rasa KIVILŠIENĖ | VU TFAI |
| Redaktorių kolegija: | Julius DUDONIS | KTU |
| | Romualdas KARAZIJA | VU TFAI |
| | Angelė KAULAKIENĖ | VGTU |
| | 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 (341 kab., 444A kab.), LT 01108 Vilnius
Telefonas 2610502

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

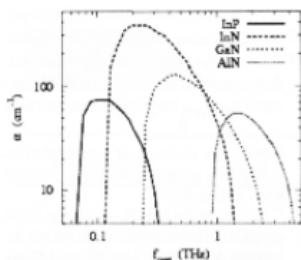
Visus mūsų numerius galite rasti tinklalapyje: http://www.itpa.lt/~lfd/fiziku_zinios/FizikuZinios.html

Straipsnus „Fizikų žinoms“, ne didesnius kaip 10 000 spaudos ženklų (su intervalais), nesumaketuotus prašytume siušti elektroniniu paštą. Brėžinius siuškite atskirose rinkmenose, o fotonuotraukas (tik geros kokybės) pateikite redakcijai. Rankraščiai ir nuotraukos negražinami.

Gerbiami skaitytojai, „Fizikų žinias“ 2005 m. galite užsisakyti paše. Indeksas 5013, prenumeratos kaina antram pusmečiu 3 Lt. Kitus numerius galite nusipirkти Vilniuje, A. Goštauto 12, bibliotekoje (331 kab.)

Kaina sutartinė.
Spausdino
Užsakymo Nr.

© Lietuvos fizikų draugija, 2005
© VU Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, 2005
© Lietuvos mokslų akademija, 2005



2 pav. Stiprinimo koeficiente priklausomybė nuo dažnio įvairiomis puslaidininkinėmis medžiagomis (pagal [17] darbą)

tas praktiniams taikymams. Kita teoretikų grupė, vadovaujama dr. P. Šiktorovo, surado keletą įdomių būdų THz emisijai gauti. Vienas jų – panaudoti naujo puslaidininkio InN $n-n-n-n'$ darinius, sukuriant juose plazminę nestabilumą, tuomet šie dariniai gali netgi skystojo azoto temperatūroje „šviesti“ 1,1–2 THz dažniui¹⁶. Kitas būdas, kai tam tikromis salygomis krūvininkų skaida optiniai fononai gali sėkmingai padėti THz gene-

vaujama Optoelektronikos laboratorija. Besiremdami savo ilgametė patirtimi žematemperatūrė (LT) GaAs tyrimuose, jie pasiūlė optoelektroniniuose THz spinduliuotės šaltiniuose panaudoti berilių legiruotą LT GaAs. Bendrame straipsnyje, paskelbtame kartu su jau minetu vienu iš THz fizikos korifėju, X.-C. Zhang'o grupe¹⁸, buvo parodytą, jog tokis THz šaltinis yra keturis kartus galingesnis ir kur kas mažiau įsisotina nei lig šiol naudoti iprasti LT GaAs THz šaltiniui. Ir dar vienas grazus laimėjimas: lig šiolei buvo manoma, jog n tipo InAs yra puiki medžiaga THz generuoti, žadinant jo paviršiuo femtosekundinės trukmės impulsais. Tačiau, pasirodo, kad ši teiginė reikia pakoreguoti: nuosekliai ištyrę įvairios krūvininkų koncentracijos tiek n , tiek p tipo medžiagą, Optoelektronikos laboratorijos mokslininkai parodė, jog būtent p -InAs, kai skylių koncentracija 10^{16} – 10^{17} cm^{-3} , yra kur kas efektyvesnis THz spinduliuotės šaltinis (3 pav.). Čia THz lauko amplitudė yra daugiau negu eile didesnė nei n tipo medžiagoje¹⁹, tad spinduliuojama galia čia turėtų daugiau negu 100 kartų didesnė. Laboratorijos darbus remia Europos Sąjungos mokslo programos, NATO mokslo programa „Mokslas taikai“²⁰ ir Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas.

Kita aktuali THz fizikos ir elektroteknikos tema – kompaktiškų THz jutiklių kūrimas ir tyrimas – viena iš pagrindinių THz Atelier²¹ grupės, kuri yra prof. S. Ašmonto vadovaujamas Neviensalyčių struktūrų laboratorijos dalis, temu. Čia aktyviai tiriami ir plačiausiai THz/subTHz dažnių ruožo jutikliai²² (jie dar vadinami „dvimatomėmis peteliškėmis“ dėl formos ir ten esančių dvimačių elektronų), ir selektivūs THz dažnių spinduliuotės jutikliai, pagaminti iš Be legiruotų GaAs/AlAs kvantinių šulinų (tais bendras projektas su Jungtinės Karalystės mokslininkais); grupė domisi THz vaizdų (THz imaging) technologijos taikymu medicinos ir paketų kontrolės reikmėms²³; Blocho stiprinimo puslaidininkinėse supergarelėse problema... Šiuos darbus taip pat remia Europos Sąjungos mokslo programos,

NATO mokslo programa „Mokslas taikai“²⁴, Aleksandro von Humboldt'o (Vokietija) ir Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondai.

Vietoj pabaigos. Norėčiau baigti tuo, kuo ir pradėjau. Vėlgi grįšu prie Leonardo. Kai Romoje jis studijavo litavimo parabolinius veidrodžiaus būdus, tikrai neįsivaizdavo, jog tokie veidrodžiai šiandien bus vieni pagrindinių THz technologijos komponentų – būtent jais yra surenkama ir fokusuojama optoelektroniskai sugeneruota THz spinduliuotė ir be jų sunkiai

¹⁶ E. Starikov, V. Gružinskis, and P. Shiktorov, Terahertz generation due to streaming plasma instability in $n-n-n-n$ -InN submicron structure, Phys. Status Sol. (a) **190** 287 (2002).

¹⁷ E. Starikov, P. Shiktorov, V. Gružinskis, L. Reggiani, L. Varani, J.-C. Vaissiere, and J. H. Zhao, Comparative study of terahertz generation in wide band gap bulk materials, Materials Sci. Forum **384–385** 205 (2002).

¹⁸ K. Liu, A. Krotkus, K. Bertulis, J. Xu, and X.-C. Zhang, Terahertz radiation from n -type GaAs with Be-doped low-temperature-grown GaAs surface emitters, J. Appl. Phys. **94** 3651 (2003).

¹⁹ R. Adomavičius, A. Urbanowicz, G. Molis, A. Krotkus, and E. Šatkovskis, Terahertz emission from p -InAs due to instantaneous polarization, Appl. Phys. Lett. **85** 2463 (2004).

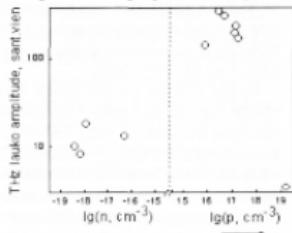
²⁰ Plačiau apie projeką – interneto svetainėje <<http://ocel.pfl.lt/nato/index.html>>.

²¹ Prancūzų kalbos žodis *atelier* reiškia „tapatytojo, skulptoriaus, fotografo dirbtuvę ar kino studijos paviljoną“. Galvodamas pagardinimą, manau, kad jis turėtų atspindinti įvairius pagrindines temos tyrimus, drąsą imtis įdomių (iš ambinginguo) projektu, ir, šalia viso to, „siekti universalumo“, kaip mokė *Leonardo da Vinci*.

²² D. Seliuta, E. Širmulius, V. Tamošiūnas, S. Balakauskas, S. Ašmontas, A. Sužiedėlis, J. Gradauskas, G. Valušis, A. Lisauskas, H. G. Roskos, and K. Köhler, Detection of terahertz-/sub-terahertz radiation by asymmetrically-shaped 2DEG layers, Electr. Lett. **40** 631 (2004).

²³ D. Seliuta, E. Širmulius, J. Devenson, G. Valušis, P. Harrison, and R.E. Miles, Continuous wave discrete spectrum THz imaging technology and its applications, Lithuanian J. Phys. **43** 259 (2003).

²⁴ Plačiau apie projeką – interneto svetainėje <<http://www.pfi.lt/head/SFP978030/index.html>>.

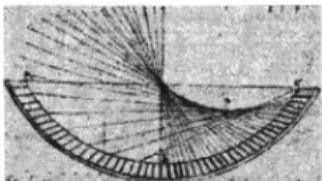


3 pav. Emmituoto THz lauko amplitudės priklausomybė nuo krūvininkų koncentracijos n ir p tipo InAs (pagal [19] darbą)

racijai. Instituto mokslininkų kartu su užsienio kolegomis apskaičiavo šia idėja pagrįstas įvairių puslaidininkinių medžiagų stiprinimo koeficiento vertes¹⁷ (2 pav.). Matyti, kad naudojant įvairias medžiagas galima gauti gana platų spektrą teraherciniame ruože. Abiejų šiuų grupių darbus remia Europos Sąjungos ir NATO mokslo programos, taip pat JAV Oro pajėgų Moksliinių tyrimų biuras.

Optiškai žadinanų THz spinduliuotės šaltinių eksperimentiniuose tyrimuose, nepaisant milžiniškos pasaulyne konkurencijos, svariai darbų yra paskelbusi prof. A. Krotkaus vadovo-

įsivaizduojama koherentinė laikinės skyros THz spektroskopija. Kai Leonardo rašė savo neįprastus užrašus (tai ypač ryšku „*Codex Leicester*“), mintis ir pastabas, abejones ir citatas, duomenis, jų apžvalgas ir nuorodas į kitus kodeksus ar užrašų knygeles, jis sukūrė naujai susistemintą visumą. Tik tada Leonardo vargu ar susimastė, kad tokis sisteminimo ir nuorodų būdas taps hiperteksto, šiandien taip plačiai vartojamo intername, pagrindu. Šiandien mes tai žinome, tai jau tapo mūsų kul-



Leonardo da Vinci. Igaubtų veidrodžiu, turinčiu nevienodą kreivumą, studija. C. 1492

ir laimingesni – greičiau atvirkšciai. Leonardo žodžiais tariant, „kai maniau, kad mokiausy gyventi, pasirodo, mokiaus mirti“. Nepaisant, atrodytų, liūdnokos potekstės, ši jo mintis, man atrodo, labai labai išsmintinga. Kaip kontrastas ambicijų tuštystei ir kasdienybėi, kaip esmės blyksnis padriuk faktų ir nuomonų chaos. Ir kaip akstinas nepaliaujamai ieškoti, siekti, nenurimti, nes Gamtos (ir saves) pažinimo džiaugsmas iš tiesų būna stebuklingas ir sunkiai nusakomas. Patikékit.

Ramutis KALINAUSKAS

Fizikos institutas

PUIKUS FIZIKOS INSTITUTO MOKSLININKŲ DUBLETAS

Beveik vien metu dviejųose aukštą citavimo indeksu turinčiuose prestižiniuose „Nature“ ir „Science“ žurnaluose buvo paskelbti straipsniai, kurių bendrautoriai yra Fizikos instituto mokslininkai.

Šių metų sausio mén. 21 d. „Science“ žurnale išspaustintas straipsnis, kuriamo yra aiškinamas sudėtingas fotosintezės susireguliacijos mechanizmas. Darbą atliko bendra Kalifornijos universiteto Berklyje (Berkeley) ir Lourenco Nacionalinės laboratorijos Berklyje (Lawrence Berkeley Laboratory) mokslininkų grupė, kurios sudėtyje yra ir du lietuvių. Tai daktaras Donatas Zigmantas, baigęs Vilniaus universiteto Fizikos fakultetą, dirbantis šiuo metu Berklyje, ir Fizikos instituto Molekulinių darinų fizikos laboratorijos vedėjas bei Vilniaus universiteto Teorinės fizikos katedros vedėjas profesorius Leonas Valkūnas, 2004 m. buvęs Berklyje pagal Fulbrighto (Fulbright) programą.

Augalų lapuose, veikiant šviesai, vyksta fotosintezė – sudėtinga photocheminė reakcija, kurios metu iš ore esančio anglies dvideginio ir augaluo- se sugerto vandens sintetiniam angliavandeniam. Pastarieji ir yra ta „statybinė“ medžiaga, leidžianti augalam augti. Kaip salutinis šios reakcijos produktas išskirkia deguonis. Taigi dėl fotosintezės ir turime deguonių atmosferoje ir visas energetines atsargas, gautas iš Saulės spinduliuiotės. Ši re-

akcija vyksta tam tikruose pigmentus turinčiuose balytmų kompleksuose, kurie save ruožtu yra išdėstyti lipidinėse membranose. Pagrindiniai pigmentai, dalyvaujantys fotosintezės reakcijose, yra chlorofilo molekulės. Reikia pastebėti, jog deguonys yra labai stiprus oksidatorius, ardantis pačią terpe, kurioje vyksta fotosintezės reakcija, ir joje esančias pigmentines molekules. Taigi esant didesniam deguonies kiekui, tos pačios chlorofilo molekulės yra intensyviai ardomos ir sistemoje turėtų atsirasti neigiamas grižtamasis ryšys, nes kuo daugiau šviesos, tuo spartesnis fotosintezės vykšmas ir tuo daugiau išskirkia deguonies. Dar prieš keletą dešimtmečių buvo žinoma, kad augaluose egzistuoja savisaugos mechanizmas, silpninantis ar net ir beveik visai stabdantis tą nepageidautiną deguonies poveikį. Esant dideliams apšviesumui, augaluose atsiranda susireguliacijos mechanizmas, mažinantis deguonies kiekį ir jo išskyrimą, ir tarsi yra optimizuojama fotosintezės reakcijos sparta. Kadangi pati fotosintezės sistemos sandara yra sudėtinga, iki šiol šis reakcijos susireguliacijos mechanizmas taip ir nebuvu nustatytas, nors tam ir buvo skiriama nemaža pastangų.

Prof. L. Valkūnas jau kelis dešimtmečius savo vadovaujamose mokslinėse Fizikos instituto ir Vilniaus universitetuose grupėse nagrinėja fotosinte-

zės pirminius (fizikinius) vykšmus: šviesos sugerti, energijos pernašą, krūvininkų atskyrimą. Jo monografija, parašyta kartu su dvem Olandijos kolegomis ir išspausdinta 2000 m., yra visuotina pripažinta tos srities mokslininkų. Prieš keletą metų, sprendžiant fotosintezės susireguliaciavimo problemą, Kalifornijos universitete Berklyje buvo atrastas specialus balytas, kuris tiesiogiai susijęs su fotosintezės susireguliaciavimu. Todėl vienas iš prof. L. Valkūno projektų pagal Fulbrighto programą ir buvo skirtas tolesniems kompleksiniams fotosintezės susireguliaciavimo mechanizmo tyrimams, t.y. buvo iškeltas uždavinys patikrinti idėją, ar šis vykšmas turėtų būti siejamas su chlorofilo ir kito pigmento – zeaksantino molekuliniu kompleksu. Todėl dar prieš atvykstant prof. L. Valkūnui į Berklij, naudojant genų inžinerijos metodus, tam tikslui buvo kryptingai paruošti pavyzdžiai, su to specialaus balyto ir zeaksantino trūkumu bei pertekliumi ir buvo atliekami subtilūs spektroskopiniai eksperimentai, matuojant laikines spektrų pokyčių priklausomybes plačiame spektro diapazone. Pažymėtina, jog spektroskopinius matavimus atliko dr. D. Zigmantas. Visi šie tyrimai patvirtino hipotezę, jog fotosintezės susireguliacijas yra ištisies tiesiogiai susijęs su chlorofilo ir zeaksantino kompleksu: sužadinimą gesina šis kompleksas, sudarant Jame atskirtų krūvių būsenai.

Norëdami visiškai suprasti eksperimentinių duomenų visumą, prof. L. Valkūnas kartu su kolegomis turėjo suformuluoti dinaminius modelius ir atlkti modelinius skaičiavimus. Visi šie tyrimai leido vienareikšmiškai nustatyti fotosintezės susireguliuavimo veikimo mechanizmą. Be to, šis rezultatas atskleidžia plačias perspektyvas, plėtojant tyrimus, susijusius su dirbtinėmis fotosintezės programomis.

Be šio projekto, prof. L. Valkūnas atliko dar kelis kitus. Vienas iš jų – tai elektroninių būsenų anglies nanovalzdeliuose prigimties tyrimai ir naujai atsirandančios spektroskopijos krypties – dvimatės dvispalvės spektroskopijos – teorinių pagrindų kūrimas.

Kito reikšmingo darbo bendraautoris yra dr. Darius Čeburnis, Fizikos instituto mokslinis bendradarbis, šiuo metu Airijos nacionalinio universiteto Galway stažuotojas. Jis kartu su Airijos ir Italijos mokslininkais atrado anksčiau nežinomą aerosolių dalelių susidarymo virš jūros ir vandenyno paviršiaus mechanizmą. Svarbiausieji šio tyrimo rezultatai išspausdinti straipsnyje žurnale „Nature“ 2004, nr. 431, p. 676–680.

Darbo autorius nustatė, kad smulkios atmosferos dalelės – aerosolai sudaryti ne tik iš jūros druskų ir oksiduotų sieros junginių (sulfatų), kaip kad buvo manoma iki šiol. Šiu medžiagų didelę dalį sudaro organinės anglies junginiai, atsrandantys dėl biologinės

vandenvyko veiklos. Tokios organinės medžiagos pasižymi dideliu paviršiaus aktyvumu (t.y. mažina vandens paviršiaus įtempimą jėgas), dėl kurio debesė susidarančiu lašelių skaičius gali padidėti nuo 20 iki 100 procentų, palyginti su skaičiumi lašelių, kurie susidarytų tuo atveju, jeigu aerosolai būtų tik iš jūros druskų ir sulfatų.

Autorių nuomone, jų atrasto debesų lašelių skaičiaus padidėjimo mechanizmo efektas beveik prilygsta anglies dvideginio dujų sukeliamam šiltinamio efektui, bet veikia priešinga kryptimi – Žemės klimatą šaldo. Todėl siūloma įtraukti ji į atmosferos pašaulinės cirkuliacijos modelius, prognozuojančius Žemės klimatą.

Gendrutis MORKŪNAS
Radiacinės saugos centras

ŠIEK TIEK APIE RADIACINĘ SAUGĄ

Dar neteko sutikti žmogaus, kuris, išgirdės žodžius „radiacinių saugų“, liktų abejingas. Ne vienas, tik iš žiniasklaidos išgirdęs apie Jonizuojančiąją spinduliuotę ir radiacinę saugą, mano, kad nuo Ignalinos atominės elektrownės išmetamų radionuklidų plinka ūnys ir krenta karvės. Toks požiūris visiškai suprantamas, nes dešimtmiečius visuomenėje buvo formuojama radiofobia. Apšvita ir jos sąlygojami reiškiniai yra tokie sudėtingi, kad vienas kitas straipsnis, pasirodantis žiniasklaidoje, šia radiofobią panaikins dar negreitai. Tiesa, šiek tiek guodžia tai, jog panaši padėtis yra ir kitose šalyse, netgi tose, kuriose visuomenės švietimo radiacinių saugos klausimais tradicijos kur kas senesnės. Daug blogiau, kai radiacinių saugos legendomis ir mitais gyvena ir techninių ar fizinių išsilavinimų turintys žmonės. Prieš keletą metų vieno instituto darbuotojai pranešė, kad Černobylio avarija Lietuvos ežerus paverčė radioaktyviomis balomis. Neseniai buvo paskelbta kelioto mokslo ištaigose atlanko darbo ataskaita, kur teigiamą, kad daugelis Černobylio avarijos likviduotojų iš Lietuvos susirgo spinduline liga. Bėda ne ta, kad taip rašantys žmonės ne-

žino, kas yra spindulinė liga (ne visiems lemta apie ją išmanysti), blogiausia, kad žmonės rašo apie tai, ko nežino ar ne-suprantą.

Argi radiacinė sauga taip sunkiai suprantama?

Žmogui, ipratusiam vadovautis tuo, kajis igijo mokydamasis universitete ir skaitydamas mokslinę savo srities literatūrą, radiacinię saugą lieka *terra incognita*, net jeigu jo darbas kiek ir susijęs su Jonizuojančiaja spinduliuote. Lietuvoje fiziku, kurie galėtų dirbti Jonizuojančiosios spinduliuotės ir radiacinių saugos srityje, parengimui beveik neskiriamą jokių dėmesio. Atomo ar branduolio teorijos kursai ar laboratoriniai darbai sukuria tik prielaidas tolesnėms radiacinių saugos studijoms. Dėl to radiacinių saugos srityje pradėjė dirbti jauni ar vyresni bet kurios srities specialistai turi pradėti beveik nuo nulio. Keista ir tai, kad tie fizikai, kurie su radiacine sauga ne-susiduria, dažnai mano, jog apie Jonizuojančiąją spinduliuotę ir radiacinę saugą žino viską. Net ne vienai fizikai i radiacinię saugą žiūri iš aukštø. Esą, radiacinių saugų – tai vaikščiojimas su tarškančiais prietaisais ir ap-linkos radioaktyvumo matavimas. At-

rodo, kad tokią žmonių radiacinių saugos suvokimą formavo ne studijos universitete ar mokslinės publikacijos, bet meninių filmų.

Amerikiečiai radiacinių saugų vadina *health physics*. Kai kas Lietuvoje vartoja pažodinių šios sąvokos vertala – *sveikatos fizika*. Minėtas amerikietiškas junginių atsiradis vykdant Manheteno projekta. *Sveikatos fizikai* buvo vadinami žmonės, kurie rūpinosi projekto vykdymu apsauga nuo Jonizuojančiosios spinduliuotės.

Tai, kad Jonizuojančiosios spinduliuotės veikia žmogų, pastebėta dar XVI a., kai neįtikėtinai daug jaunų vyru, dirbusių sidabro kasyklose Šnēberge ir Joachimstalyje (dabar ten Vokietija ir Čekija), mirdavo nuo kažkokios plaučių ligos. Vėliau paaškėjo, kad ta liga buvo plaučių vėžys, o ją sukeldavo radonas, kurio kasyklų ore buvo labai daug.

Amerikietiškame radiacinių saugos pavadinime *sveikatos fizika* tiesos yra daug – radiacinių saugų apima ir fizika, ir mediciną. Tačiau joje „slypi“ dar ir daugiaus mokslo sričių – chemija, biologija, bendravimo psychologija, teisė, inžinerija. Taigi radiacinių saugų yra puikus įvairių mokslo sričių darinys, apie kurį, kaip labai svarbūjį dalyką, kal-

bama jau ne vieneri metai. Europos Sąjungos bendrojoje mokslinių tyrimų programoje radiacinei saugai skirta atskira sritis, vadina Euratomu. Išvairių valstybių ekspertų darbo grupė, išanalizavusi sritis, kuriose kyla daug neįspėstu klausimų, pasiūlė, kad šio desimtmiečio pabaigoje daugiausia dėmesio būtų skiriama medicininei apšvitai, radiobiologijai, mažų dozių poveikiui sveikatai, dozimetrijai, radioekologijai ir pasirengimui radiaciniems avarijoms (tarpt yra ir terorizmo aktams).

Iš pirmo žvilgsnio gali pasirodyti, kad šios sritys, bent jau dalis jų, neturi nėko bendro su moksliniu tyrimu. O kaip yra iš tikrųjų? Štai kad ir pasirengimas radiaciniems avarijoms. Išvairiai būdais iš aplinką patekus radioaktyvioms medžiagoms (tais gali būti ir atominio reaktoriaus avarijos pasekmės, ir „teršiančios“ bombos sprogimas, ir radioaktyviųjų medžiagų skliauda pažeidus šaltinius ir įverčia), tektų nustatyti, kiek tų medžiagų iš aplinkos pateko, kaip jos pasklidė, migruoja ir gali patekti į žmogaus organizmą, įvertinti, kokias dozes šios medžiagos gali lemti išvairiomis aplinkybėmis. Taigi būtina kurti modelius, kuriuose būtų galima greitai ir patikimai įvertinti galimas radiaciinių avarijų pasekmes. Tai ir yra viena mokslinių tyrimų tema.

Mokslinius radiacinių saugos tyrimų rezultatus galima labai lengvai ir greitai panaudoti praktikoje, o tai veikia tuos mokslininkus, kurie mokslo vertę išpratę matuoti tik fundamentalu. Tačiau tokis šio mokslo pritaikymas turi savo privalumų. Juk visų radiacinių saugos tyrimų tikslas – surasti kuo efektyvesnių žmonių apsaugos nuo Joniuojančiosios spinduliuotės priemonių ir kuo greičiau jas iđiegti. Tai jokiu būdu nereiška, kad radiacinių saugos srityje supriešinamas fundamentalumas ir pritaikomumas. Kaip ir kiekvienam moksle, šie du aspektai skatiniai vienas kita raiða.

Nuo 2002 m. vykstančioje Lietuvos radiacinių saugos draugijos konferencijoje dalyvauja ne tik Lietuvos, bet ir kitų šalių bei tarptautinių organizacijų atstovai. Šių konferencijų tematika gerai atspindi radiacinių saugos plėtros kryptis mūsų šalyje – ra-

dioekologija, medicinos fizika, praktinius radiacinės saugos metodus, medicinę apšvitą, radiacinės saugos principų taikymo problematiką.

Be kita ko, radiacinės saugos moksliniu tyrimais siekiama nustatyti žmogaus apšvitos šaltinius ir įvertinti jų svarbą, t. y. lemiamas apšvitos dozes. Kartu stengiamasi numatyti šiuo dozių kitimo tendencijas, t. y. prognozuoti apšvitą, kuri bus vienomis ar kitomis sąlygomis.

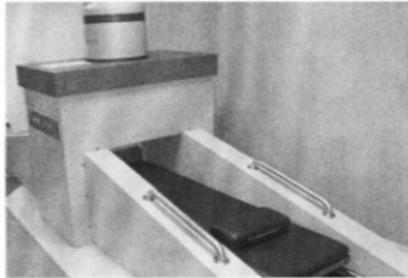
Lietuvoje didžiausias dozes lemia radonas patalpose (per metus vidutiniškai 1 mSv). Toliau eitynė išorinė spinduliuotė patalpose (0,61 mSv), rentgeno diagnostika (0,42 mSv), kosminė spinduliuotė (0,33 mSv), kvėpuojant, su maistu ir vandeniu iš organizmą patekę urano ir torio šeimų radionuklidai (0,146 mSv), radionuklidai maiste (0,12 mSv), išorinė spinduliuotė lauke (0,1 mSv), radonas lauke (0,095 mSv), kosmogeniniai radionuklidai (0,012 mSv), radonas geriamajame vandenye (0,006 mSv). Daug kalbų bandytys atominių bombų kiltančių išskirtinių radionuklidų ir atominių elektroninių išnesti radionuklidai yra pačiame tokios rikiuotės gale – jų lemiamos metinės efektinės dozes yra atitinkamai 0,0005 ir 0,0002 mSv.

Tiesa, tai yra tik vidutinės dozes. Pavieniai žmonės dažniai gauna visai kitokias dozes. Palyginkime, pavyzdžiu, dozes, kurias gavo sunkiai sirges žmogus, kuriam per metus buvo padaryta dešimt rentgeno nuotraukų, ir tas, kuris rentgeno kabinete nebuvo apsilankęs nė sykio. Todėl radiacinių saugos tyrimais siekiama nustatyti, kokias dozes gauna pavieniai žmonės ar tam tikrais požymiais pasižyminti žmonių grupės, pvz., žmonės, gyvenantys netoli vietos, kuri buvo užtersta radžiu.

Lietuvoje šiuo metu intensyviai tiama, kokias dozes žmonės gauna iš

gamtinės spinduliuotės, maisto ir geriamojo vandens, rentgeno diagnostikos metu, ieškoma optimalių Joniuojančiosios spinduliuotės tyrimų būdų, analizuojama, kaip radionuklidai skilndi aplinkoje. Tai nėra savitikliai tyrimai. Pavyzdžiu, nustatius, kuriose gydymo įstaigose pacientai gauna nepaprastai didelės dozes, ieškoma būdų, kaip jas mažinti. Beje, lygio, kuri viršijus dozė laikoma nepaprastai didelė, nustatymas išgryba sudetingas darbas.

Pagrindinė Lietuvos radiacinių saugos institucija yra Radiacinių saugos centras (RSC), kuris jau žinomas ne tik mūsų šalyje. Pavyzdžiu, Tarpautinė atominė energetikos agentūra RSC įtraukė į išigijusius aukštą meist-



Skvarbiąjā spinduliuotę spinduliuojančių radionuklidų kiekis žmogaus kūne nustatomas skaitikliu. Radionuklidų aktyvumai žmogaus kūne matuojami Ge detektoriumi, kuris šaldomas skystuoju azotu (Diuaro indas viršuje). Centrinėje skaitiklio dalyje yra apsauginis plieno ekranas. Atliekant matavimą, kūsetė su ant jos guliniu žmogumi juda išilginės ašies kryptimi, todėl galima įvertinti, kuriuoje tiriamojo žmogaus kūno vietoje yra susikaupę daugiausia radionuklidų

riškumo centru (*centres of excellence*) sarašą. RSC vien per paskutiniuosius keletą metų mokėsi specialistai iš Bulgarijos, Ukrainos, Albanijos, Makedonijos, Gruzijos, Estijos – iš daugelio Europos šalių, kurias remia Tarpautinė atominė energetikos agentūra. Centras atlieka bendrus darbus su Švedijos, Suomijos, Danijos, Prancūzijos, Vokietijos, Jungtinės Amerikos Valstijų ir kitų šalių kolegomis.

Radiacine sauga yra viena iš šiuolaikinės visuomenės gyvenimo sričių. Ji nors ir sudėtinga, bet įdomi ir reikalinga. Fizika – viena artimiausių jai mokslo sričių. Todėl šiuo straipsniu siekiama apie ją – mūsų visų sveikatos fiziką – informuoti ir mūsų šalies fizikus.

PREMIJOS. KONKURSAI

2004 METU LIETUVOS MOKSLO PREMIJA

Vienai trijų 2004 metų Lietuvos mokslo premijų, paskirtų už fizinių mokslų darbus, teko fizikai. Po keleto metų pertraukos premija vėl pažymėti netiesinės optikos darbų.

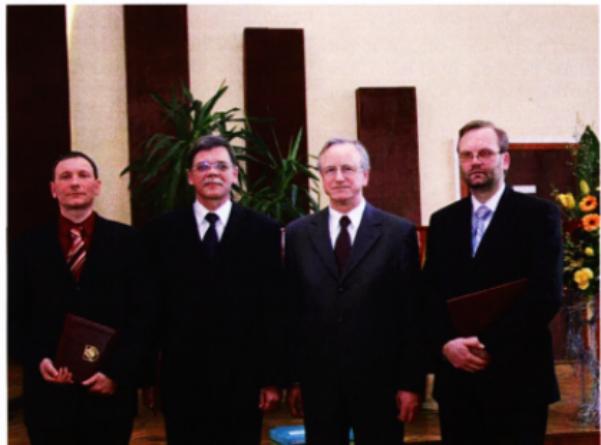
Lietuvos mokslo premijų komiteto 2005 m. vasario 10 d. sprendimu pre-

perėjimą nuo klasikinio šviesos impulsų bei pluoštų energijos laikinės ir erdvinės koncentracijos supratimo prie naujoviško bendo laikinio ir erdvinio (erdvėlaikinio) stipriai lokalizuotų bangų paketų aprašymo. Jie taip pat išdėstė ir išnagrinėjo prieplaidas, meto-

svymo Gauso skirstinių erdvėje ir laike, formuoja X bangų paketas (jis buvo pavadinamas X banga pagal intensyvumo priklausomybę nuo erdvės ir laiko koordinacijų simetrijos pavida) su tam tikra kampine dispersija, kuri užtikrina tokio šviesos darinio sklidimą netiesinėje terpéje be dispersinės ir difrakcinės plėtros. Tokiu X bangų susidarymas gali būti siejamas su šviesos savybe visada pasirinkti optimalų sklidimo kelią. Dėl šios aplinkybės, vykstant bangų paketo sąveikai medžiagoje, vyksta savaiminė savotiška „natūrali atranka“. Ji vyksta taip, kad išlieka tik geriausiai sklidimo sąlygas atitinkančios dedamosios, kiekvieną dažnį (spalvą) atitinkančias dedamajai nukrypstant tik tam tikra kryptimi, nusakoma vektoriumi, esančiu ant kūgio paviršiaus. Tokio šviesos darinio elgesys laike priklauso nuo jo elgesio erdvėje, ir atvirksčiai. Tai neatksiria ma susieja erdvę su laiku.

Sukurta netiesinių X bangų teorija buvo patvirtinta eksperimentais. Netiesiniame kristale pavyko suformuoti 20 fs trukmės ir 40 µm skersmens X bangas , sklindančias kristale be pokyčių tokiaiast atstumais, kuriuose Gauso pluošta ir impulsai labai išplinta. Laureatai ištryė, kaip šviesos bangų paketams, žadiniams trumpais lazerio šviesos impulsais, sklindant medžiagoje ir su ją sąveikaujant, formuoja erdvėje ir laike lokalizuotus šviesos darinius, kurie sklinda ilgais atstumais nepatardami nei difrakcijos, nei dispersijos poveikio. Bendradarbiaudami su Italijos mokslininkais, teoriškai numatė, o paskui eksperimentiškai pademonstravo tokias „šviesos kulkas“.

Aplink tyrimų rezultatai akivaizdžiai įrodi, kad vykstant bangų paketų sąveikai, stipriai pasireiškia erdvės ir laiko neatsiejamumas, kuris ir salygoja savaiminį stipriai lokalizuotų laike ir erdvėje šviesos darinių atsiradimą. Apibendrinami ištirtus savaiminės šviesos lokalizacijos dėsninės gumus jie įrodi, kad X bangų radima-



2004 m. Lietuvos mokslo premijos laureatai su Vilniaus universiteto Kvantinečių elektronikos katedros vedėju akademiku prof. A. Piskarsku. Iš kairės: A. Dubietis, A. Varanavičius, A. Piskarskas ir G. Valiulis. Nuot. V. Valuckienės

mijos laureatais tapo trys Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto mokslininkai, mokslų daktarai, vyresnieji mokslo darbuotojai Audrius Dubietis, Gintaras Valiulis ir Arūnas Varanavičius. Premija paskirta už darbų ciklą „Netiesinė šviesos lokalizacija (1993 – 2003 m.)“. Tai kryptingi darbai apie laike ir erdvėje sukonzentruotos energijos – stipriai lokalizuotas šviesos dainių – generavimą ir panaudojimą.

Localizuota šviesa ir jos valdymas – svarbi salyga plėtoti šiuolaikines šviesos technologijas. Tačiau laureatų darbai pirmiausia turi fundamentinę reikšmę. Savo fundamentalumu jie išskyrė iš daugelio kitų premijų konkurse dalyvavusių darbų.

Apliki teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai, kurie iš esmės keičia šviesos lokalizacijos reiškinio sampratą. Premijos laimėtojai savo darbais parodė

duis ir eksperimentų būdus, kaip sukurti stipriai lokalizuotas šviesos būsenas vykstant netiesinėms parametrinėms sąveikoms.

Premijutasis darbų ciklas apima tris pagrindinges šviesos energijos savaiminės koncentracijos, vykstant netiesinėje šviesos ir medžiagų sąveikai, tyrimų kryptis: laikinę šviesos impulsų lokalizaciją (savispūdą ir laikinius solitonus), erdvinę šviesos impulsų lokalizaciją (parametrinę difrakciją, erdininkus solitonus ir šviesos gijas), laike ir erdvėje stipriai lokalizuotų bangų paketų žadinimą (X bangas).

Laureatai atrado, kad parinkus tinkamas pradinės sąlygas, vykstant netiesinėje šviesos ir medžiagų sąveikai savaimė atsiranda kokybiskai nauji stipriai laike ir erdvėje lokalizuoti šviesos dariniai – netiesinės X bangos. Iš bangų paketo, turinčio pradinį inten-

sis, kaip netiesinis optinis reiškinys, gali būti stebimas visose skaidriose įvairaus netiesiškumo terpėse.

Jau seniai nestebina Lietuvos mokslo premijos laureatais tampančių fizikų tarptautinių mokslinių publikacijų gausa. A.Dubiečio, G.Valiulio ir A.Varanavičiaus darbai atkreipia dėmesį į tai, kad jie publikuoti pačiuose prestižiausiaiuse pasaulio fizikos mokslo žurnaluose. Iš 38 straipsnių, kurie paskelbti žurnaluose, įtrauktoje į Mokslinės informacijos instituto (ISI) dažniausiai cituojamų mokslinių leidinių sąrašą, net 8 yra paskelbti dižiausio prestižo fizikos žurnale *Physical Review Letters*, o 11 – vienam labiausiai cituojamų optikos žurnalui *Optics Letters*. Lietuvos mokslo premijų istorijoje tokii rodikliai dar nebuvę. Bendras darbų citavimo indeksas viršija 500. O juk jų autorai, kaip nacionalinės premijos laureatai,

yra dar gana jauni mokslininkai (vidutinis amžius 44 metai), tiesa, mokslininkais tapę dirbdami jau susiformavusioje stipriojo Vilniaus universiteto lazerių fizikos mokslinėje mokykloje.

Kai kurie laureatų darbai pasaulyje yra sulaikyti išskirtinio dėmesio. 2000 m. žurnale *Phys. Rev. Lett.* paskelbtas darbas apie sūkurinių solitonų formavimą buvo pažymėtas kaip vienas reikšmingiausių paskutiniojo dešimtmečio netiesinės optikos darbų. Jo sutrumpintas variantas paskelbtas žurnalui *Optics & Photonics News* specialiame numeruje *Optics in 2000*. Darbas, kuriame parodytos netiesinės X bangos kvadratinio netiesiškumo terpéje, 2003 m. paskelbtas *Phys. Rev. Lett.*, buvo ypač išskirtas išspausdinant jo išplėstingą santrauką *Physical Review Focus* žurnale. Premiuotojo ciklo darbų rezultatai buvo svarbūs laimint ES 5-osios ir 6-osios

bendrujų programų finansuojamus projektus.

Premijų teikimo iškilmėse, kurios vyko kovo 8 d. Mokslų akademijos salėje, Lietuvos mokslo premijos laureato diplomas teikė LR Premjeras Algirdas Brazauskas ir Šventimo ir mokslo ministras Remigijus Motuzas.

Siemet kiekvienoje mokslų grupėje viena papildomai išteigta premija buvo skiriama už taikomosios mokslinės veiklos (eksperimentinės plėtrös) darbus. Fizikai į jas nepretendavo. Kitais metais vėl bus pokyčių. LR Vyriausybės nutarimu numatyta už „mokslą“ ir „mokslo taikymus“ kiekvienoje mokslų grupėje skirti po 2 premijas. Fizikams reikėtų dalyvauti ir premiju konkurso dalyje „už mokslo taikymus“, tam iš anksto pasirengti.

Kęstutis Makarūnas
Lietuvos mokslo premijų komiteto
pirmininkas

LIETUVOS MOKSLŲ AKADEMIJOS VARDINĖ ADOLFO JUCIO PREMIJA

Lietuvos mokslų akademijos Adolfo Jucio premija, kuri skiriama kas 4 metai už vertingiausius individualius ir kolektivinius teorinės fizikos darbus, buvo įteikta ataskaitinėje 2005 m. kovo 1 d. Lietuvos mokslų akademijos sesijoje VU Teorinės fizikos ir astronomijos instituto mokslininkams: prof. habil. dr. *Paveli Bogdanovičiu*, prof. habil. dr. MA nariui korespondentui *Romualdui Karazijai*, dr. *Alijai Kupliauskienėi* ir prof. habil. dr. MA prezidentui *Zenonui Rokui Rudzikui* už darbų ciklą „Šiuolaikinės daugiaelektroninės atomų teorijos plėtojimas ir taikymas (1993–2004 m.)“.

Sveikiname!



Adolfo Jucio premijos laureatai su VU TFAI direktore G. Tautvaišiene. Iš kairės: R. Karazija, G. Tautvaišienė, P. Bogdanovičius, A. Kupliauskienė, Z. Rudzikas.
Nuotr. V. Valuckienės

2004 M. JAUNUJŲ MOKSLININKŲ IR AUKŠTŲJŲ MOKYKLŲ STUDENTŲ DARBŲ KONKURSŲ LAUREATAI

Lietuvos mokslų akademijos 2004 m. jaunuju mokslininkų premiją iš fizikos srities laimėjo Vilniaus universitetu dr. **Karolis Kazlauskas** už darbą „Trumpabangėje optoelektronikoje taikomų (Al, In)GaN medžiagų fotoluminescencijos spektroskopija“.

Aukštųjų mokyklų studentų mokslinių darbų konkurse nugalėtojais tapo ir premija paskirta Vilniaus universitetu fizikams: doktorantui **Ramūnui Auguliui** ir magistrantui **Viliui Poderiui** už darbą „Savitarkių nanodarinių erdvinių struktūros tyrimai“. Darbo vadovas prof. Ričardas Rotomskis.

Diplomai įteikti ataskaitinėje Lietuvos mokslų akademijos sesijoje, kuri įvyko 2005 m. kovo 1 d.

Sveikiname jaunuosius mokslininkus!

JUBILIEJAI

VPU PROFESORIUI ALGIRDUI AUDZIJONIUI 70 METU

1935 m. liepos 7 d. Kėdainiuose gimė **Algirdas Audzijonis**. Greitai prabėgo nerūpestinga vaikystė mylinčioje šeimoje, tačiau paauglystei ir jauystei teko sunkūs ir dramatiški karos iš pokario metai. „Be žinios“ dingo tėvas, motinai teko keisti gyvenamąias vietas, vienai auginti ir auklėti sūnų. Algirdas buvo guvus ir smalsus vai-



kas, mokësi labai gerai, žaidé sportinius žaidimus, domėjosi technika ir jokių rūpesčių motinai nekélé. Baigës septynmetę mokyklą. Algirdas norejo greičiau igyti specialybę ir pradëti savarankiską gyvenimą, padëti motinai.

1949 m. jis išstojo į Vilniaus elektrotechnikos technikumą ir po ketverių metų jį baigė „raudonu diplomu“. Atsivérė galimybė stoti be konkurso į bet kurią aukštąją mokyklą. Algirdas pasirinko tuo laiku labai prestižinį Kauno politechnikos institutą, ruošianti aukštąs kvalifikacijos inžinerius, tačiau mandatinė komisija netiketai pasiūlė „padirbēti gamyboje“. Tuomet Audzijonis dokumentus pateikė Vilniaus pedagoginiams institutui ir 1954 m.

tapo Fizikos ir matematikos fakulteto studentu. Studijų metais buvo labai aktyvus: pradëjo dirbtį laborantu (taigi šie 2005 metai jam yra ir 50 m. darbo veiklos jubiliejus), rado laiko lankytis plaukimo, išklavimo treniruotes, o 1959 m. institutu baigė „raudonu diplому“.

Dirbtį Audzijonis liko tame pačiame institute asistetu. Jam vis rûpėjo eksperimentinis darbas. Jis padeda rengti mokomąjas laboratorijas, domisi J. Grigo, A. Karpaus pradëtais kietojo kūno fizikos darbais, kuria mokslinių laboratorijų bazę. Tai pareikalavo nemaža pastangų ir laiko.

1964 m. jis mëgina stoti į PFI doktorantūrą, bet vël sutrukdo „slaptumo cenzas“. Tarpininkaujančių prof. A. Juciui, pasiûloma teorinės fizikos aspirantūra Vilniaus universitete, o darbui kuruoti paskiriamas dr. J. Batarčius. 1971

m. A. Audzijonis tampa fizikos ir matematikos mokslo kandidatu, apgynës disertaciją „Optinës stibio sulfido monokristalo savybës“. Šiuos ir kitus monokristalus jam padėjo auginti žmona chemikė Lina. Is sočiųjų garų fazës jiems pavyko išsauginti iki 200 g dydžio monokristalą. Pedagoginio instituto kristalų auginimo laboratorija tapo viena iš geriausių Sovietų Sajungoje. Vienas iš jų išsaugintų kristalų – triglicinsulfatas su α -aluminu – 60° temperatūroje tampa ryškūji piroelektriku ir naudojamas kaip jautrus infra-raudonųjų spindulių indikatorius raketose ir kosminėje technikoje. Nenuostabu, kad laboratorija atliko iki milijono rublių ūkiskaitinių darbų, už ku-



riuos galima buvo išsigyti prietaisai, padëti statyti fakulteto rūmus ir aprūpinti juos aparatu. A. Audzijonis 27 metus tyre SbSI ir Sb_2S tipo kristalus, nagrinėjo jų atspindžio spektrus pagal įvairias kristalinius ašis, su bendradarbiais daug pastangų idëjo besiaiškindamas, kaip kristalai keicią optines savybes tam tikrą temperatūrų srityje. Tyrimų rezultatai gali būti daug kuri panaudojami. 1997 m. A. Audzijonis apgynë hab. dr. disertaciją „Juostinë sandara, optinës savybës, minkštøji moda SbSI ir Sb_2S tipo kristaluose“, iigijo profesorių vardą.

A. Audzijonis yra 17 išradimų, 9 patentų, arti šimto mokslinių publikacijų autorius ir bendraautorius. Dešimt metų vadovavo VPU Bendrosios fizikos katedrai, yra II metodinių prieionių bendraautorius. Šiuo metu yra Valstybinių premijų komisijos ir dau-gelių kitų narys.

Prigimtis ir gyvenimas suformavo Algirdo auksinį charakterį. Tai nuostabiai geranoriškas, sugebantis spręsti klausimus ir kolizijas kompromisu, pastebintis tik teigiamas kolegų gyvenimo pusės, optimistas, darbo ir mokslo entuziastas, nors kiek paslaptinges ir labai nuolaidus. A. Audzijonis yra puikus pedagogas, studentų bene labiausiai mylimas VPU profesorių. Jî geru žodžiu prisimena ne vienas šimtas absolventų, jo vadovaujami penki fizikai sëkmignai apgynë daktaro disertacijas. Ir mums visiems, buvusiems ir esantiems bendradarbiams, malomu su juo bendrauti.

Dr. V. Lazauskas

Vytautas POCIUS

Vilniaus pedagoginių universitetas

FIZIKA VILNIAUS PEDAGOGINIAME UNIVERSITETE PER 70 METU

Prieš 70 metus, t. y. 1935 m. rugpjūčio 18 d., Klaipėdoje buvo iškilmin-gai atidaryta pirmoji aukštøji pedago-

ginë mokykla Lietuvoje, pavadinta Respublikos pedagoginiu institutu. Tai buvo dabartinio Vilniaus pedagoginio

universiteto (VPU) užuomazga. Aukštostos pedagoginës mokyklos poreikis iškiilo dël dviejų priežasčių:

1) nuo 1933 m. pradėta palaipsniui vykdyti švietimo reforma, stiprinanti svarbiausią švietimo grandį – pradinį išsilavinimą. 1936 m. rugsėjo 1 d. paskelbtas mokyklų įstatymas numatė 6 metų pradinęs, 7 metų vidurinęs ir 3 metų nepilnos vidurinęs (progimnazijos) mokyklų mokymo trukmę; 2) dėl švietimo reformos reikėjo sustiprinti pradinį mokyklų mokytojų rengimo lygi ir vietoje mokytojų seminarijų įsteigti pedagoginį institutą. Institutas kartu su mokomuoju darbu turėjo atlikti moksliinius-metodinius tyrimus, rengti mokymo priemones ir pan. Apie Vilniaus pedagoginių universitetą, jo raidą rašėme „Fizikų žiniose“ 1992 ir 1995 m.^{11 12)}.

Per 70 metų fizikos dėstyamas Instituto pergyveno keturis laikotarpiaus.

Pirmasis laikotarpis. 1935–1939 metais – dvimėtė aukštoji pedagoginė mokykla, rengianti unifikuotus šešiamečių pradinį mokyklų mokytojus. Fizika, kaip gamtos mokslų pagrindas, buvo gamtos mokslų disciplininos dalis: teorija ir 12 laboratorinių darbų. Gamtos mokslą dėstė gamtininkas J. Alekna (1896–1986) ir K. Augulis (1903–) – VDU Matematikos-gamtos fakulteto absolventai.

Antrasis laikotarpis. 1939–1945 metais – dvimėtė aukštoji pedagoginė mokykla, rengianti 4 specialybų, tarp jų ir progimnaziją, ir aukštessnios lygio (antro laipsnio) pradinį mokyklų matematikos ir fizikos mokytojus. Ji 1939 m. kovo mėn. perkelta į Panevėžį, o 1938 m. lapkričio mėn. – į Vilnių ir nuo tada buvo pavadinta Vilniaus pedagoginiu institutu. Jau nuo 1939 m. rudens studentai galėjo pasirinkti specialias dalykų grupes: lituanistikos arba matematikos, gamtos ir žemės ūkio. Nuo 1940/1941 mokslo metų atskirai pradėta rengti matematikos ir fizikos specialistus. 1941 m. sausio 1 d. buvo įkurta Fizikos-matematikos katedra, kuri tvarkydama studentų reikalus dirbo kaip dekanatas. Ši katedra laikoma VPU Bendrosios fizikos katedros užuomazga, nes buvo pradėta dėstyti bendoji fizika. Buvo įkurta fizikos kabinetas, katedros vedėjų paskirtas fizikas A. Misiukas-Misiūnas, kuris nuo 1951 m. ējo docento pareigas. Katedros dėstyto-

jai buvo aukšto profesinio lygio, nes tais laikais norintieji dėstyti vyresnėse gimnazijų klasėse turėjo irodyti oficialiai komisija savo pedagoginius sugebėjimus ir gauti atitinkamą licenciją. Fizikos ir matematikos disciplinas



Pirmosios fizikos ir matematikos katedros vedėjas doc. Alfonsas Misiūnas-Misiūnas, 1941 m.

dėste tokius pedagogus, kaip prof. A. Puodžiukynas, doc. O.E. Stanaitis, taip pat žinomi fizikos ir matematikos vadoveliai autoriai M. Krikščiūnas, K. Rindzevičius, G. Žilinskas.

1941 m. buvo parengta pirmojo matematikos ir fizikos mokytojų laida, apie 40 specialistų. 1942 ir 1943 m. dar apie 40 studentų gavo šios specjalybės diplomas, leidžiančius dėstyti progimnazijose.

1943 m. kovo 17 d. vokiečių okupantams uždarius Institutą rūmuose buvo įkurdinti ligoninė vermachto kariamos ir planingas fizikos mokytojų rengimas nutrūko. Tačiau dėstytojai dar dirbo, gavo atlyginimą ir privačiuose butuose studentams skaitė paskaitas iki 1944 m. pavasario.

Pasibaigus karo veiksmams 1944 m. liepos 13 d., prasidėjo Vilniaus valstybinio pedagoginio instituto (VVPI) atkuriameji darbai. Dėl karo norūkymus studijoms atgaivinti ir septynmečių mokyklų mokytojams rengti 1944 m. rudenį prie VVPI buvo įkurta dvimetis Vilniaus mokytojų institutas, kuris 1946 m. buvo perkeltas į Klaipėdą. Šiame Mokytojų institute buvo Fizikos-matematikos skyrius, vadovaujamas po karo į darbą gržusio 1944 m. rugsėjo 15 d. A. Misiū-

ko-Misiūno. Jis dirbo iki 1945 m. bandžio 1 d., tvarkydamas visus fizikos ir matematikos studijų reikalus. Kartu nuo 1944 m. spalio 1 d. visu etatu pradėjo dirbti ir Vilniaus universiteto Eksperimentinės fizikos katedroje. Tačiau su VVPI jo rožiai nenutruko, dar apie 10 metų jis čia dėstė bendrosios fizikos ir specialiuosius kursus. Jis fiziką dėstė nuosekliai, suprantamai, teoriją paremdamas eksperimentais ir matematiniiais irodymais.

Trečiasis laikotarpis. 1945–1992 m. – keturmetė arba penkiamečių aukštojių pedagoginė mokykla, rengianti mokytojus vidurinės mokyklai. 1944 m. lapkričio mėn. Instituto darbas pradėtas be Fizikos-matematikos fakulteto, nes Instituto patalpų dar nebuvo palikusi karinė sovietinė ligoninė: nebuvo nei auditorijų, nei laboratorijų, nei dėstytojų.

1944 m. gruodžio 15 d. VVPI direktoriaus pareigas pradėjo eiti prof. P. Brazdžiūnas. Būdamas vienas švietimo lyderių Lietuvoje, puikus pedagogas, mokslinkins ir organizatorius, jis supratė, kad fizikos mokytojus turi rengti speciali aukštoji mokykla, kurioje vyrautų pedagoginė dvasia, būtų dirbamas metodinis fizikos darbas, studentai nuo pirmų dienų būtų nuteikiami darbui mokykloje. Jo pastangų dėka buvo įkurta Bendrosios fizikos katedra ir VVPI Fizikos-matematikos fakultetas (FMF) pradėjo darbą pagal keturmetę studijų programą. I pirmą kursą buvo priimta 11 studentų. Nuo 1946 m. sausio 1 d. FMF dekanu paskirtas P. Brazdžiūnas, vadovavęs fakultetui ir skaitės paskaitas iki 1947 m. sausio 1 d., kartu nesitraukdamas iš darbo Vilniaus universitate. Taigi 2005 m. yra ne tik VPU 70-čio jubilejus, bet ir Bendrosios fizikos katedros ir fizikos pedagogų aukštuoju išsilavinimu rengimo pradžios 60-metis.

¹¹ J. A. Martišius. Fizikos studijos ir tyrimai Vilniaus pedagoginiame universitete // Fizikų žinios. – 1992, Nr. 3, p. 3–5.

¹² V. Valentinavičius ir J. A. Martišius. Fizikų kraitė Alma Mater gimtadieniui // Fizikų žinios. – 1995, Nr. 9, p. 12–13.

1954 m. nuo Bendrosios fizikos katedros atskilo teoretikai, įkurdami Teorinės fizikos katedrą, 1966 m. buvo įsteigta Fizikos ir matematikos dėstyto metodikos (dabar Fizikos ir technologijos didaktikos) katedra. Šios katedros priklausė Fizikos-matematikos, vėliau Fizikos, dabar – Fizikos ir technologijos fakultetui. Fizikos mokytojai, be pagrindinės, dažnai igydavo ir šalutinę specialybę, todėl galėjo mokykloje dėstyti daugiau dalykų. Per 60 metų buvo paruošti tokiai specialybės fizikos mokytojai: fizikos-matematikos ir matematikos-fizikos, 4-metės studijos – 343; fizikos-gamybos pagrindų (arba bendrosios techninės disciplinės, arba elektrotechnikos), 5-metės studijos – 400; fizikos, 4-metės studi-



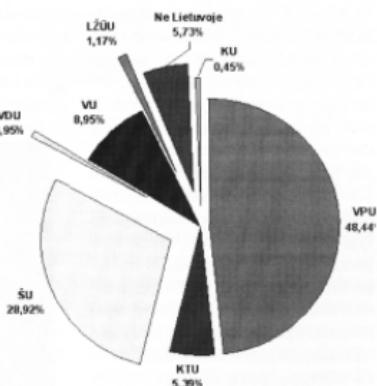
Bendrosios fizikos katedros vedėjas 1946–1964 m. doc. Vaclovas Kaveckis – 840; fizikos-astronomijos, 5-metės studijos – 280; fizikos-chemijos ir chemijos-fizikos, 5-metės studijos – 102; fizikos-informatikos (arba skaičiavimo technikos, arba taikomosios kompiuterijos) 4-metės ir 5-metės studijos – 200.

Ketvirtasis laikotarpis. Nuo 1992 m. prasidėjo ketvirtasis pedagoginių veiklos laikotarpis, Vilniaus valstybinis pedagoginių institutas (VVPI) pavadintas Vilniaus pedagoginiu universitetu (VPU). Studijų struktūra tapo dvipakopė: po 4 metų studijų igyjanamas bakalauro laipsnis, suteikiantis teisę dirbti vidurinės mokyklos mokytoju; dar po 2 metų studijų igyjanamas magistro laipsnis. I magistrantūra priimami studentai, geriausiai baigę bakalauro studijas. Per 11 metų (1994–2004) magistro laipsnis suteiktas 103 studentams.

VPU yra pagrindinė fizikos mokytojų rengimo institucija Lietuvoje. Nuo 1945 m. iki šiol čia parengta apie 2200 fizikos mokytojų su aukštuoju išsilavinimu. Maždaug kas antras fizikos mokytojas yra VPU auklėtinis. Daujelis čia parengtų fizikų yra nusipelnę Lietuvos švietimui ir kultūrai. 2001 m. duomenimis, iš 20 fizikos mokytojų ekspertų 14 buvo VPU absolventai. Septyni VPU auklėtiniai fizikai tapo Nacionalinės premijos laureatai: profesoriai R. Bražis, A. Bartkevičius, R. Dagys, E. Montrimas, habil. dr. A. J. Kundrotas, inžineriai E. Bičiūnas ir F. Lapenės. Apie 70 asmenų yra išgiję mokslo daktarų laipsnius, tarp jų 12 habil. daktarų ar profesorių vardus.

Specialistų parengimo lygis priklauso nuo pedagoginio personalo paštangų, materialinės bazės ir mokymo proceso organizavimo. VPU jubilejaus proga pažymėtiems dėstytojai ir mokymo proceso vadovai, apie 40 ir daugiau metų atidavę fizikų rengimui. Tai prof. A. Audzijonis, doc. A. Ažusienis, doc. D. Grabauskas, doc. A. Karpus, doc. V. Kaveckis, doc. J. A. Martišius, prof. P. Pipinys, doc. V. Pocius, doc. J. Siroic, prof. V. Valentiniavičius, doc. J. Žvingilas. Ilgai ir nuoširdžiai darbavosi dėstytojai: profesorius L. Kulviecas, docentai L. Giegžnaitė, V. Kaminskas, P. A. Kazlauskas, V. Kedavičius, A. Pipinienė, S. Vaičiūnas.

Šiuo metu mokytojų rengimui vadovauja Fizikos ir technologijos fakulteto dekanas doc. K. Sadauskas ir trijų katedrų vedėjai: prof. G. Gaigalas, doc. K. Svirskas, doc. A. Rimeika ir fakulteto taryba, vadovaujama prof. K. Pyrago. Dėstytojų daug samdoma ir iš kitų išstaigų, „savavijų“ yra apie 15, bet ir iš jų nemaža dirba kitur. 2005 m. pavasarį semestri studijuoją 297 studentai fizikai: 220 dieniniu, 32 vaikinių bakalauro studijų ir 45 magistarai.



2000 m. duomenimis, mokytojų, kuriuos parengė įvairios mokymo įstaigos, skaičius

Šalia pagrindinio pedagoginio darbo VPU fizikai atliko mokslinius tyrimus iš fizikos didaktikos, mokslo istorijos, elektrofotoluminescencijos, kietojo kūno fizikos, gravitacijos, skystujų kristalų fizikos, ultragarso panaudojimo, kompiuterijos panaudojimo fizikoje, astrofizikos ir atmosferos fizikos. Apgintos 2 habilituoto daktaro ir 21 mokslyk daktaro disertacijos. Mokslinės publikacijos buvo skelbiamos Lietuvos ir užsienio prestižiniuose žurnaluose, skaitytu pranešimai Lietuvuje ir užsienyje vykusiose konferencijose, pripažinta daugiau kaip 20 išradimų. Didesnių mokslinių grupių vadovai – A. Audzijonis, P. Pipinys, K. Pyragas, P. Vasiljevas, R. Vaišnoras, V. Valentiniavičius – yra parengę doktorantų. VPU fizikai yra paraše ir išleidę apie 100 knygų – vadovelių studentams ir moksleiviams, uždavinymų, keletą monografijų.

Per praėjusius dešimtmecius VPU fizikai daug dirbo su vidurinių mokyklų mokytojais ir mokiniais: skaitytu pranešimų mokytojų konferencijose ir paskaitas mokytojų kvalifikacijos kėlimo kursuose, reng užduotis fizikos olimpiadoms.

VPU fizikų darbas labai reikšmingas Lietuvos visuomenei, nes nuo švietimo priklauso visas mūsų gyvenimas. Fizika lavina žmogaus mąstymą, tad fizikos mokytojų rengimo lygis turi įtakos būsimosioms kartoms.

IŠ MOKSLO PASAULIO

SVARBIAUSIOS FIZIKOS IR ASTROFIZIKOS PROBLEMOSEN

Nobelio premijos laureatas fizikas teoretikas Vitalijus Ginzburgas, danguojo šalių mokslo akademijų ir mokslo draugijų narys, yra vienas žinomiausių dabar vyriausios kartos Rusijos fizikų. Levo Landau mokyklos atstovas, pats sukūrės kelių fizikos kryptių mokslinės mokyklas, savo reikšmingais darbais ir išlejomi pasižymėjęs daugelyje fizikos šakų. Vyresniosios kartos Lietuvos fizikams įsiminės ir ryškiomis apžvalgomis „Kokių fizikos ir astrofizikos problemos atrodė dabar ypač svarbios ir įdomios“ ir „Po duidešimties metų“ (pastaroji buvo išspausdinta ir lietuviškai straipsniu rinkinyje „Kas domina fizikus šiandien“, V., 1984). Paklaustas („Nauka ir žinij“, 2004, Nr. 12), kokius paskutiniuoju dešimtmeciu fizikos ir astrofizikos laimėjimus jis laiko pačiais svarbiausiais, pažymėjo tris, turinčius esminę reikšmę.

Pirmasis – nustatytą, kad kosminiu gama spinduliu plūptušiai, apie kuriu aptinkamą buvo pranešta dar 1973 m., yra generuojami daugiausia labai tolimes Visatos galaktikose, esančiose toliau kaip už 10 milijardų šviesmečių (apie juos „Fizikų žiniose“ rašyta 1998, Nr. 15, p. 12–13 ir 2002, Nr. 22, p. 18–19), jų šalutinis dažniausiai yra supernovos, labai galingi žvaigždžių sprogimai.

Antrasis – eksperimentais įrodyta, kad neutrino osciliacijos (apie jas „Fizikų žiniose“ rašyta 1998, Nr. 15, p. 13–14 ir 2001, Nr. 20, p. 10) tikrai yra. Šio reiškinio egzotika hipotezė buvo iškelta (Bruno Pontecorvo) prieš pusę šimtmečio. Jis ne tik paaikiina Žemę pasiekiančią Saulės spinduliuojamą elektroninių neutrino trūkumą (tam neutrino osciliacijai hipotezė ir buvo pasiūlyta), bet ir nurodo, kad bent vienai iš trijų rūšių neutrinių (elektroniui, miuronui ir τ neutrino) turi rimties masę.

Trečiasis atradimas – Visatoje aptiktą nežinomas prigimtis „tamsioji energija“, kuri veikia Visatos plėtimasi po Didžiojo sprogimo priešingā kryptimi, negu pagal Niutono visutinės traukos dėsnį veikiančios gravitacinės jėgos. Jos poveikis tokis stiprus, kad Visatos plėtimasis ne lėtėja, o greičia. Aptikta 1998 m. pastebėjus, kad supernovos, išžiebiančios pačiose tolimiausiose galaktikose, Žemėje šviečia silpnai, negu pagal apskaičiuotą atstumą iki jų, ivertintą iš spektro linijų raudonuojo poslinkio, taigi yra daug toliau (apie tai „Fizikų žiniose“ rašyta 2002, Nr. 22, p. 18–19). Dabartiniais ivertinimais, su „tamsią energija“ susijusios „tamsiosios materijos“ tankis kosminėje erdvėje yra 15–20 kartų di-

desnis už barioninės materijos vidutinių tankų Visatoje, taigi „tamsiosios materijos“ yra 15–20 kartų daugiau, jis sudaro 70–75 procentus visos Visatos materijos.

Atsakydamas į klausimą, kokie atradimai būtų reikšmingiausi artimiausiame dešimtmetyje, nurodė dvi sritis. Pirmiausiai tai, ko tikimasi iš renegiamų eksperimentų su 2007 m. pradėsiantiu veikti CERN’o didžiuoju hadronų kolaideriu („Fizikų žiniose“ apie tai rašyta 2004, Nr. 27, p. 13–16). Antroji sritis prožesnė, tačiau nepaprastai svarbi praktiniu požiūriu. Tai aukštatemperatūrinių superlaidumų. 1911 m. aistrastasis superlaidumas, gyvsidabriui esant 4 K temperatūroje, dabar kupratuose stebimas 135 K temperatūroje. Jeigu pavykštų atrasti arba sukurti medžiagas, superlaidžias kambario temperatūroje, būtų nuostabu. Ar tai įmanoma – dabar net iš reiškinio terorinio supratimo neišku.

Be abeo, bus svarbių laimėjimų ir kitose fizikos srityse. Ypač ten, kur fizika susijusi su biologija ir medicina. Anot V. Ginzburgo: „To nesuprantantieji yra tiesiog akli ir kurti. Laimei, nuo tokio alkumo ir kurtumo gyvenimas padeda išsigydyti“.

Pagal užsienio spaudą parengė
Kęstutis Makariūnas

IŠ MOKSLO ISTORIJOS

Libertas KLIMKA

Vilniaus pedagoginių universitetas

VILNIUJE PIRMĄ KARTĄ PAVARTOTAS ŽODIS – „METRAS“

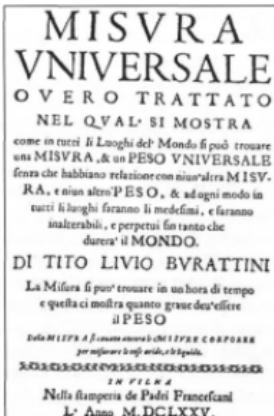
Prieš 330 metų Vilniuje buvo išleista tuomet čia gyvenusio italo Tito Livijaus Burattinio knygėlė, pavadinota itališkai „Misura Universale“ („Universalus matas“). Joje, kiek žinoma mokslo istorikams, pirmą kartą pavartotas ilgio vieneto pavadinimas „metras“.

T. L. Burattinio (1617–1682) knygėlė apskritai buvo skirta pagrindini-

niamas matams ir saikams apibrėžti, kartu sukuriant ir jų sistemą. Ši problema iškilo XVII a. antroje pusėje, išplėtojus prekybą tarp valstybių, pradėjus artimiai bendrauti įvairių šalių mokslo žmonėms. Ir dar to reikiėjo karbų, siekiant suvienodinti papbūklų kalibrus. Taigi leidiniu atsilepta į tai, kas tuo metu buvo aktualu ir pribrendę spręsti. Bandymų nustatyti tikslius ma-

tų etalonus ir sukurti jų sistemą būta ir daugiau (K. Heigensas, K. Renas, R. Lukas, S. Pudlovskis)¹⁾. Vilniuje išleistojį 1675 m. knygėlė mokslo istorikų dėmesi patraukė dėl kitos prie-

¹⁾Leschiutta S., Leschiutta M. Tito Livio Burattini, metrologo dimenticato del Seicento // Giornale di Fisica. Vol.XXI, No. 4, 1980. – P. 305–322.



T. L. Buratinio knygėlės „Misura Universale“ titulinis lapas

žasties – joje pirmą kartą pavartotas „metro“ terminas. Autorius labai originaliai pasiūlė šį etaloną: metru laikyti ilgi švytuoklęs, kurios svyravimo periodas yra dvi sekundės. Taip supiešius laiką su ilgiu, galima prie jų priderinti ir masės vienetą. Sudalijus metrą į 16 lygių dalij (keturis kartus dvigubinant dalij skaičių), iš jų sudėliojamas šešiasienis kubiukas. Pripylus tokį indą lietaus vandens, gaunamas masės etalonas.

Panaudotai metrologijoje švytuoklę T. L. Buratinis nuspredė susipažinęs su G. Galiléjaus darbais, aptarę juos su Krokuvo akademijos profesoriu M. S. Pudlovskiu ir pats eksperimentiskai ištystę švytuoklės savybes. Bandymus atliko labai kraupčiai. Fiziniés švytuoklęs, kurios masės centras yra laisvajame jos gale, ypatybes tyrinėtojas suformulavo dešimčia teizių. Šis jo darbas, atliktas 1644–1645 m., nebuvo publikuotas ir yra žinomas tik iš rankraščio nuorašų. Deja, T. L. Buratinis nežinojo apie Ž. Rišerio atrastąjį 1672 m. švytuoklės periodo priklasomybę nuo geografinės platumos.

Kodel T. L. Buratinis savo sugalvotą ilgiu vienetą pavadino būtent metrū? Mokslo terminus nuseno iprassta imti iš graikiškų žodžių. Matas graikiškai yra „metron“. T. L. Buratinis pridėjo dar ir pažyminį – „metro catolico“, reiškiantį, kad vienetas turi būti

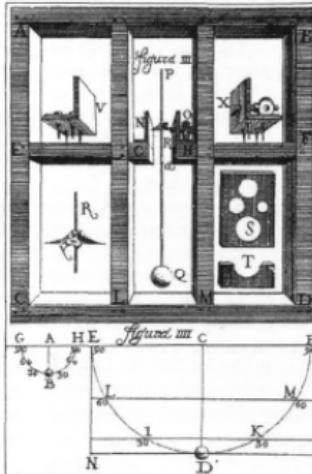
visuotinas, vartotinas visuose katalikiškuose kraštuvėse. Galime pagrįstai didžiuotis, kad ne kur nors kitur, o mūsų sostinėje pirmą kartą nuskambėjo šis žodis.

Kas žinoma apie „metro“ autorui? T. L. Buratinis – nepaprastai įdomi ir įvairiapsiskai talentingas asmenybė. Gimė Italijos pietuose, Agordo miestelyje²⁾. Mokėsi Paduvos ir Venecijos universitetuose, keliao po Egiptą, studijuodamas senovės paminklus. Nuo 1641 m. gyveno Lenkijoje, buvo karalių Vladislavo IV ir Jono Kazimiero sekretoriumi, pildė įvairius diplomatinius pavedimus. Be to, užsiimėnėjo architektūra, mechanika ir optika, konstruodamas teleskopus ir mikroskopus. Šioje srityje pasiekė puikų rezultatų: amžiaus viduryje niekas geresnio teleskopu kaip jo nebuvu sukūrės (refraktoriaus židinio nuotolis apie 20 m.). Nuo 1659 m. T. L. Buratinis buvo paskirtas vadovauti krašto finansų reformai. Užjazdovo mieste jis organizavo smulkų monetų kaldinimą. Žmonės jas praminię „boratinkomis“, nes monetės turėjo išpaustus finansininko iniciualus. I Vilniu T. L. Buratinis persikelė 1665 m., – čia taip pat reikėjo organizuoti monetų emisiją. Juolab kad krašto ūkis sunkiai kėlėsi po Maskvos okupacijos. Kalykla nuo seno veikė Valdovų rūmuose; jos likučius archeologai aptiko kasinėjimų metu.

Nestokojo italas ir išradėjo sumanumo. Yra žinoma, kad Vilniuje pastatė vėjo varikliu varomą vandens siurbli. Kas žino, gal kaip tik šis iženginys buvo panaudotas prie sostinės Aušros vartų, kur tvenkinį priplidydavo Saltiniai. Iš jo vanduo buvo keiliaamas per miesto sieną. O didžiausia nenuoromas italo svajonė – pakilti į orą skraidančiu aparatū. Jo apskaičiavimais ir bandymais skraidyklių turėtų pakelti aštunį sparnai, kuriais mojuotų du stiprūs virai. Konstruktoriaus pavadinimo aprašas „skraidančia slibinu“. Oreiystės istorikai mano, kad T. L. Buratinio projektas ištės buvo žingsnis į priekį nuo Leonardo da Vinčio plasonklio link XVIII a. anglų aviatoriaus Keilio mašinos³⁾.

T. L. Buratinio knygėlė „Misura Universale“, išspausdinta 1675 m. Vilniaus pranciškonų vienuoliųjų spausdutuvėje, yra didelė bibliografinė retebybė. Žinomi tik keturi jos egzemplioriai: du – Krokuvoje, vienas – Sankt Peterburge ir dar vienas – Romoje. Kaip istoriografijos paminklas knygėlė 1897 m. buvo išversta į lenkų kalbą ir išleista Krokuvoje. Iš lietuvių mokslo istorikų apie T.L.Buratinio metrologiją pirmieji prabilo A. Endzinas⁴⁾ ir L. Kulviecas⁵⁾.

Iteisintu matu metras tapo 1799 m. gruodžio 10 d. Paryžiaus akademikai Ž. L. Lagranžas, P. S. Laplasas ir G. Monžas nutarė juo remiantis sudaryti dešimtainę matu sistemą, metrą laikant viena 40 000 000-aį dalimi



Illustracija iš T. L. Buratinio knygėlės „Misura Universale“, 1675 m.

²⁾ Savorgnan di Brazza. T.L.Burattini, precursor del sistema metrico // Sapere. Vol. 52, No. 117, 1937.

³⁾ Jurkštasis V. Buratinio lėktuvas // Mokslo ir gyvenimas. 1969, Nr. 2. – P. 19–21.

⁴⁾ Endzinas A. Buratinis – universaliuosius matu sistemas sumanytojas // Mokslo ir technika. 1969, Nr.9. – P. 40–42.

⁵⁾ Kulviecas L. К истории введения Т.Л.Буратини термина метр // Вопросы истории науки и техники Прибалтики. Тезисы докладов Прибалтийской конференции по истории науки и техники. Тарту. 1977. – С. 83–85.

Žemės dienovidinio, einančio per Parīžiaus observatoriją⁶⁾. Napoleono kariai šią sistemą, kaip sakoma, ant durtuvų išnešojo po Europą. 1960–ai-

siais įsigaliojusi tarptautinė vienetų sistema SI metrą išreiškė cezio atomo spinduliavimo bangos ilgais. Toki metra galima atgaminti bet kuriame Vi-

satos kampelyje.

⁶⁾ Moreau H. Le système métrique. Paris, 1975.

TERMINOLOGIJA

Angelė KAULAKIENĖ

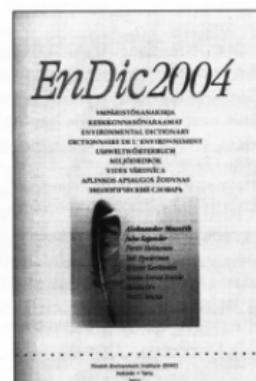
Lietuvių kalbos institutas

DEVYNKALBIS APLINKOS APSAUGOS ŽODYNAS¹⁾

Ne vienas skaitytojas, perskaityęs šio straipsniole išnāšą, mintyse save, matyt, paklaustų: kodėl pristatomas aplinkos apsaugos žodynus fizikų bendruomenei? Tam yra kelios priežastys.

Pirma, tarp šio žodyno devynių kalbių yra pateiktai terminų atitinkmenys ir lietuvių kalba. Kalbamas žodynas atsirodo ne tuščioje vietoje. Jau 1988 m. buvo išleistas vandens apsaugos žodynas (Vesiensuojuelėn sanakirja), kaip mokslinio Suomijos, Estijos ir būvusių Tarybų Sąjungos bendradarbiavimo rezultatas. Netrukus po šio žodyno leidimo iškilo poreikius parengti žodyną, kuris apimtų ne tik vandens apsaugos terminų, bet ir kitų aplinkos apsaugos sričių terminus. Tad 1990 m. tokis aplinkos apsaugos terminų žodynas buvo pradėtas rengti Suomijos vandens ir aplinkos apsaugos mokslo tiriamajame institute. Jis²⁾ buvo išleistas 2000 m. ir per dvejus metus išpardootas. Tai buvo septynkalbis (suomių, estų, anglų, vokiečių, švedų, latvių ir rusų k.), turintis 4615 terminų straipsnių, žodynas. Tapo aišku, kad reikia naujo pataisyti ir papildyti jo leidimo. Pertti Heinonen (Suomijos aplinkos apsaugos institutas) émési naujo žodyno leidimo iniciatyvos ir 2002 m. darbas buvo pradėtas. Žodynas papildytas dar dvem – prancūzų ir lietuvių – kalbomis: suomių, estų, anglų, prancūzų, vokiečių, švedų, lietuvių, latvių ir rusų. Prie nomenklatūriinių pavadinimų yra prieda dešimtoji – lotynų kalba.

Antra priežastis, kodėl čia aptariamas šis devynkalbis aplinkos apsaugos žodynas, yra ta, kad tarp 6039 pateikų lietuviškų atitinkmenų nemaža dalis yra ir fizikos terminų. Štai pluoštelis jų: *absorbicija, sugertis; absorbicijos koeficientas, sugerties koeficientas; absorbcinė geba, sugerties geba; absorbuotu Saulės spinduliuotė; sugertojai Saulės spinduliuotė; adhezija, priekiba; adsorbcija, igertis; aggregatinė būseną; aggregatinė fazė; atgalinės skliaudos faktorius; atmosferos slėgis; atmosferos spinduliuotė; atmosferos spinduliuotės balansas; atomas; atominė elektrinė; banga; bangomatis; bangorasis; biofizika; bioreaktorius; branduolinė energija; centrifuga; centrifugavimas; darbas; dažnio keitiklis; dažnio kreivė; difuzija; dozimetras; elektrolytinis laidumas; elektrolizė; elektroosmosas; energinė apšvieta; soninių spinduliuotė; garavimas; garavimo sparta; hidraulika; hidraulinis pasipriešinimas; impulsas; inercija; išorinė jėga; įtampa; izobara; izobata; izotacha; izoterma; jėga; jonas; Jonizacija; Jonasfera; Jonų mainai; judrumas; juta; jutiklis; katalizatorius; katalizē; katijonas; katijonų mainai; kinetinė klampa; kinetinė energija; kohezija, sankiba; kritinis greitis; leidžiamoji apkrova; leidžiamoji paklaida; leidžiamoji ribinė apkrova; manometras; manometrinis slėgis; naudingumo koeficientas; osmosas; osmosinis slėgis; paviršiaus įtempis; potencinė energija; pusamžis; radioaktyvieji krituliai; radioaktyviosios atliekos; radioaktyviosios iškritos; ra-*



dioaktyvumas; radioaktyvusis izotopas; radioaktyvusis skilimas; radionuklidai; Saulės spinduliuotė; savitasis elektrinis laidumas; savitaji šiluminė talpa; skystis; skvarba; slėgis; sorbcija, geritis; soties taškas; sotis; spektras; spinduliuotės energija; spinduliuotės srautas; spinduliuotės šaltinis; šiluminė spinduliuotė; šiluminė talpa; šilumos srautas; tankis; temperatūra; trumpasis jungimas; užšalimas; užšalimo taškas; vandens energija; vandens slėgis; vėjo energija ir t.t.

Na, o trečia priežastis? Reikia padidžiaugti, kad su šiuo žodynu į Europos Sąjungos daugiakalbe apvyartą paklus ir dalelytė lietuviškų terminų.

¹⁾ Aleksander Maastik, Juha Kajander, Pertti Heinonen, Veli Hyvärinen, Krister Karttunen, Marja-Leena Kosola, Heido Ots Pertti Seuna. EnDic 2004. – Helsinki-Tartu: Finnish Environment Institute (SYKE), 2004. – 1085 p. – ISBN 952-11-1541-6 (FIN); ISBN 9985-51-067-4 (EST).

²⁾ Aleksander Maastik, Pertti Heinonen, Veli Hyvärinen, Juha Kajander, Krister Karttunen, Heido Ots Pertti Seuna. EnDic 2000. – Helsinki-Tartu: Finnish Environment Institute, 2000. – 702 p. – ISBN 952-11-0812-6.

Julijonas KALADĖ¹, Kostas UŠPALIS², Kazys VALACKA³, Vilius PALENSKIS¹, Vytautas VALIUKĖNAS¹, Valerijonas ŽALKAUSKAS¹, Pranas Juozas ŽILINSKAS¹

¹Vilniaus universitetas, ²VU Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, ³Puslaidininkų fizikos institutas

POTENCIALAS IR JO RŪŠYS

Tęsinys

1.13.1. **B sando chémis potenciales** / chemical potential of B / p. chimique de B / химический потенциал компоненты В

B, C, ... medžiagų mišiniu B sando cheminis potencijalas μ_B išreiškia darba, kurį tam tikromis sąlygomis reikia atlikti mišiniui pridedant 1 molį B sando. Kaip termodynaminės temperatūros, slėgio ir mišiniuo koncentracijų funkcija, μ_B reiškiamas daline Gibso energijos išvestine ir B sando medžiagos kiekiu n_B , t. y. $\mu_B = (\partial G / \partial n_B)_{T, P, C, \dots}$; čia n_B – B medžiagos kiekis (molais), o G – Gibso energija.

1.14. **deformacijos p.** / deformation p. / Deformationspotential / p. de déformation / п. деформации

Dydis, išreiškiamas elektrono (arba skylės) energijos pokyčiu laidumo (arba valentinėje) juosteje, kai deformuojas puslaidininkis; vienetas – elektronvoltas (eV).

1.15. **Demberio p.** / Dember p. / Dember-Potential / p. de Dember / п. Дембера

Elektrinis potencijalas, susidarus apšviestame šviesai jautriame puslaidininkio kristale dėl nepusiausviraju krūvinukų difuzinio atsiskyrimo.

1.16. **difuzijos p.** / diffusion p. / Diffusionspotential / p. de diffusion / дифузионный п.

Potencijalo pokytis, susidarinantis dėl koncentracijų skirtumo kietųjų kūnų, tirpalų ir pan. sąlyčio riboje.

1.17. **dipolio p.** / dipole p. / Dipolpotential / p. dipolare, p. du dipôle / п. диполя

Dipoli sudarančiu elektros krūvių sukurto lauko potencialas.

1.18. **dislokacijos p.** / dislocation p. / Versetzungs-potential / p. de dislocation / п. дислокации

Dydis, išreiškiamas elektrinių potencijalų skirtumu, kurį lemia dislokacija.

1.19. **disociacijos p.** / dissociation p. / Dissoziationspotential / p. de dissociation / п. диссоциации

Dydis, išreiškiamas mažiausiu darbu, kurio reikia disociacijai sukelti.

1.20. **elektrinis p.** / electric p. / elektrisches P. / p. électrique / электрический п.

Skaliarinis elektromagnetinio lauko potencialas. Vienetas – voltas (V).

1.21. **elektrochéménis p.** / electrochemical p. / elektrochemisches P. / p. électrochimique / электрохимический п.

a) Dydis, skaitine vertė lygus elektrodingosios dalelės pernašos elektromigracijos lauke iš vakuumo į tam tikrą fazės tašką darbu. Priklauso nuo to taško koordinatės.

b) Elektriniame lauke esančios elektrodingosios dalelių sistemos cheminis potencijalas.

1.22. **elektrödo p.** / electrode p. / Elektrodenpotential / p. d'électrode / п. электрода, электродный п.

a) Elektrodo potencijalas kito kūno arba terpés, kurioje jis yra, atžvilgiu.

b) Dydis, išreiškiamas potencijalų skirtumu, susidarančiu tarp joninės terpés (elektrolito tirpalu ar lydalu) ir į ją idėto elektrodo.

1.22.1. **pusiausvirasis elektrodo p.** / equilibrium electrode p. / Gleichgewichtselektrodenpotential / p. d'équilibre d'une électrode / равновесный п. электрода

Elektrodo potencijalas, vykstant pusiausvirajai reakcijai.

1.23. **elektrokinetinis p.** / electrokinetic p., Zeta p. / elektrokinetisches P., Zeta-Potential / p. électrocinétique, p. dzēta / электрокинетический п., дзета-потенциал η

Dydis, išreiškiamas potencijalų skirtumu, kuris susidaro tarp skystyje judančių dalelių ir to skysties.

1.24. **elektromagnètinis p.** / electromagnetic p. / elektromagnetisches P. / p. électromagnétique / электромагнитный п.

Keturtaurus elektromagnetinio lauko vektorius, kurio sandai $A_1 = A_x$, $A_2 = A_y$, $A_3 = A_z$, $A_4 = (i/c)\phi$ yra erdvės ir laiko kintamujų funkcijos. Sandai A_x , A_y , A_z sudaro vektorinių potencijalų \mathbf{A} , o ϕ yra skaliarinis potencijalas. Elektrinio lauko stipris E ir magnetinio srauto tankis \mathbf{B} reiškiami lygybėmis: $E = -\text{grad } \phi - \Delta\phi/\delta t$, $\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A}$. Apskaičiuojamas iš Makselvio lygtių.

1.25. **elektrostatisinis p.** / electrostatic p. / elektrostatisches P. / p. électrostatique / электростатический п.

Elektrostatinius laukus apibūdinantis skaliarinis dydis, kurio gradiacentas su priešingu ženklu lygus elektrinio lauko stipriui, t. y. $E = -\text{grad } V$.

1.26. **Fladė p.** / p. žrt. pasyvacijos potencialas.

1.27. **Galvānio p.** / Galvani p., inner electrical p. / Galvani-Potential, inneres elektrisches P. / p. de Galvani, p. électrique interne / п. Гальвани, гальвани-потенциал, внутренняя контактная разность/потенциалов

Besileičiančių fazų vidinių potencijalų skirtumas.

1.28. **gardelės p.** / lattice p. / Gitterpotential / p. du réseau / п. решетки

Elektrostatinius potencijalas, kurį lemia periodinis kristalinės gardelės elektronų tankio kitimas.

1.29. **gravitacijos p.** / gravity p. / Gravitationspotential / p. de gravitation / п. тяготения

Dydis, išreiškiamas darbu, kurį reikia atlikti iš tam tikro taško į begalybę perkeliama vienetinės masės kūnų.

1.30. **gravitacinis p.** / gravitational p., Newton's p. / Schwerkraftpotential, Newtonsches P. / gravitationnel p., newtonien p./ гравитационный п., п. ньютоновский

a) Klasikinėje gravitacijos teorijoje – skalarinė funkcija φ , apibūdinti gravitacinių masių sukurta lauką, kurio stipris reiškiamas lygybe $\mathbf{g} = -\nabla \varphi$. Dažnai vadinamas Niutono potenciu.

b) Reliatyvistinėje gravitacijos teorijoje (bendroji relatyvumo teorija) – antrosios eilės tensorius g (metrinis tensorius); čia $\mu, \nu = 1, 2, 3, 4$. Jis apibūdina ėrdvėlaikeio išskreivinimą.

1.31. greičio p. / velocity p. / Geschwindigkeitspotential / p. de vitesse / п. скорости

Hidrodinamikos funkcija, kurios gradientu reiškiamas skyčio greitis, esant besūkuriam tekėjimui.

1.32. greitimo p. / accelerating p., acceleration p. / beschleunigendes P. / p. accélérateur, p. d'accélération / ускоряющий п.

Greitintuvu arba kitokio elektroninio įtaiso greitimo elektrodo potencias katodo ar kito elektrodo atžvilgiu.

1.33. įgerties p. / adsorption p. / Adsorptionspotential / p. d'adsorption / п. адсорбция, адсорбционный п.

Elektrinis medžiagos įgerties pradžios potencias.

1.34. iškrovos p. / discharge p. / Entladungspotential / p. décharge / п. разряда

Potencias, kuriam esant prasideda elektrinė iškrova.

1.35. išorinis elektrinis fazės p. / outer electrical p. of phase / внешний электрический п. фазы

Dydys, skaitine verte lygus darbui, kurį reikia atlikti vakuume perkeliant vienetinį elektros krūvį iš begalybės ant medžiagos fazės paviršiaus.

1.36. išskyrimo p. / deposition p. / Abscheidungspotential / p. (critique) de dépôt / п. выделения

Elektrinis elektrodo potencias, kuriam esant ant jo pradeda išskirti medžiaga.

1.37. jonizacijos p. / ionization p., ionizing p. / Ionisierungspotential, Ionisationspotential / p. d'ionisation / п. ионизации, ионизационный п.

Elektrono ryšio stiprių apibūdinantis dydis, išreiškiamas vienkartiniams atomo arba molekulėms jonizavimui reikalinatinga mažiausia energija.

1.38. jono p. / ionic p. / Ionenpotential / p. ionique / ионный п.

Potencias jono paviršiuje, išreiškiamas jono krūvio ir jo spindulio dalmeniu.

1.39. Yukavos p. / Yukawa p. / Yukawa-Potential / p. de Yukawa / п. Юкавы

Dviejų nukleonų stipriosios sąveikos potencinė energija $\varphi = -g \cdot r^{-1} \exp(-\kappa \cdot r)$. Čia g – nukleonų sąveikos konstanta, analogiška elektros krūvui elektrodinamikoje (vadinama mezoniniu krūvium); κ – mezonų Komptono bangos ilgiui atvirštinkė konstanta; r – atstumas tarp nukleonų.

1.40. katòdinis p. / cathodic p. / Kathodenpotential / p. de la cathode / катодный п., п. катода

Potencias, kurį igauna elektrodas tekant per jį katodinių strovei.

1.41. kibirkščiavimo p. / sparking p. / Funkenpotential / p. d'étincelles / искровой п., п. искрообразования

Potencias, kuriam esant prasideda elektrinių įtaisu kontaktų kibirkščiavimas.

1.42. kinètinis p. / kinetic p. / kinetisches P. / p. cinétique / кинетический п.

Būdingoji mechaninės sistemos funkcija, paprastai vadinama Lagranžo funkcija, iš kurios galima sudaryti sistemos judėjimo lygtis. Jei sistemos taškų greicių nesavaržyti, ši funkcija lygi kinetinės ir potencinės energijų skirtumui.

1.43. kompleksinis p. / complex p. / complexes P. / p. complexe / комплексный п.

a) Branduolio optinio modelio potencias.

b) Hidrodinamikoje idealiojo skylio tekėjimą apibūdinti kompleksinė funkcija.

1.44. kontaktinis potencias žr. *salyčio potencialas*

1.45. konvèkcinis p. / convection p., convective p. / Konvektionspotential / p. de convection / конвекционный п.

Magnetosferos ir jonasferos sistemos būseną apibūdinti dydis, išreiškiamas aušrą ir sutemą atitinkančiu elektrinių potencijalu polyciu. Esant ramioms sąlygomis šis potencias siekia 40 kV. Geomagnetinių audrų metu jis gali viršyti 200 kV.

1.46. korozijos p. / corrosion p. / Korrosionspotential / p. de corrosion / коррозионный п., п. коррозии

Koroduojančio metalo elektrodo potencias.

1.47. kritinis p. / critical p. / kritisches P. / p. critique / критический п.

Koaguliuojančio zolio dalelių potencias.

1.48. Kulono p. / Coulomb p., coulombic p. / Coulomb-Potential, Coulombsches P. / p. coulombien, p. électrostatique de Coulomb / кулоновский п.

Nejudamujų elektros krūvių sukurto lauko elektrinis potencias. Nuo laukų kuriavimo taškinio krūvio q atstumu r esančiamas taške potencialo vertė $\varphi \sim q/r$.

1.49. kvadrupolių p. / quadrupole p. / Quadrupolpotential / p. du quadripôle / квадрупольный п., п. квадруполя

Kvadrupolių sudarančių elektros krūvių elektrinis potencias.

1.50. Lénardo ir Džonso p. / Lennard-Jones p. / Lennard-Jones-Potential / p. de Lennard-Jones / п. межмолекулярного взаимодействия Ленарда-Джонса, п. Ленарда-Джонса

Elektriskai neutralių molekulių sąveikos potencias, apibūdintinas molekulių stūmą joms suartėjus ir trauką – nutolus.

1.51. Lienāro ir Vichertu p. / Liénard-Wiechert p., Wiechert-Liénard p., wave p. / Liénard-Wiechert P., Wiechert-Liénard P., Wellenpotential / p. de Wiechert, p. de Liénard-Wiechert / п. Лиенара-Вихерта, волновой п.

Bet kokiu greičiu judančio (reliatyvistinio) elektrono kuriuojamo lauko elektromagnetinis potencias.

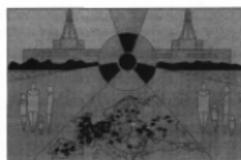
(Bus daugiau)

PRISTATOME KNYGĄ

MONOGRAFIJA, SKIRTA RADIACINĖS SAUGOS KLAUSIMAMS¹⁾

Tatjana NEDVECKAITĖ

RADIACINĖ SAUGA LIETUVOJE



Radiacine sauga siekiama apriboti aplinkos taršą radioaktyviosioms medžiagomis, gyventojų ir aplinkos apšvitą iki kiek galima mažesniu, vi suomenė priimtinu aktyvumo lygiu, atitinkančiu normatyvinius. Radiacines saugos klausimai yra svarbūs uždarančių Ignalinos AE, kuriant Lietuvuje tolesnį branduolinės energetikos plėtros strategiją ir programą. Igryvendinant pagrindines radiacinės saugos nuostatas, Lietuvoje surukta valstybinė gyventojų ir aplinkos radiacines saugos infrastruktūra, aktualiai jos klausimai nagrinėjami moksliinių institucijų.

Knygoje pateiki gamtinės ir gyventojų apšvitos, susijusios su branduolinės energetikos ciklo veikla, branduolinio ginklo bandymais, „teršančių-

ju“ bombų (sietinų su galimais teroristiniai aktais) sprogdinimais ir kt., apibendrinti duomenys. Aptarti bendrieji radiacinės saugos dėsningumai įvykus branduolinėms avarijoms atominėse elektrinėse. Nurodomos Černobylio AE avarijos pasekmės tiek apskritai Europos šalims, tiek Lietuvai. Pagrindinis knygos tikslas – visais minėtais atvejais pateikti išorinės ir vidinės gyventoju apšvitos dozių vertinimo metodikas, palyginti gamtinę, technogeninę ir medicininį procedūrų metu Lietuvos gyventoju gaunamą apšvitą.

Vertinant gyventoju apšvitą būtina nustatyti radionuklidų sklaidą ir taršos lygi visose sausumose ir vandens ekosistemų dalyse. Knygoje nagrinėjami pagrindiniai aplinkos taršos radioaktyviosioms medžiagomis dėsningumai, šiu medžiagių sklaidos matematiniai modeliai ir vientes savygas atitinkančios pernašos parametrų vertės.

Vienas iš svarbiausių ir sudėtingiausiu radiacinės saugos uždavinii – apšvitos, kurią lemia ar gali lemti kuris nors šaltinius, įvertinimas. Uždavinio sudėtingumas priklauso nuo šaltinio pobūdžio, šaltinio savybių kaitos, apšvitos būdo, informacijos apie šias savybes. Tik įvertinus esamą arba galimą tokio šaltinio apšvitą, įmanoma analizuoti, kokių priemonių reikia imties optimaliai radiacinei saugai užtikrinti. Todėl pagrindinis dėmesys šioje

knygoje skirtumas įvairių šaltinių, veikusią, veikiančią ar galinčią veikti Lietuvos gyventojus, apšvitai įvertinti. Lietuvuje šiuo metu būtinis išskirtinis dėmesys radiacinės saugos požiūriu mažai žinomai veiklos sričiai – Ignalinos AE eksplotavimo nutraukimui ir radioaktyviųjų atliekų tvarkymui.

Knygoje aptarta suauptą patirtis, išvardyti svarbiausiai tarptautiniai ir Lietuvos radiacinę saugą reglamentuojantys dokumentai ir teisės aktais. Pateikiamas literatūros sąrašas, daugiau dėmesio skiriant Lietuvos autorių publikacijoms.

Radiacinė Lietuvos gyventoju ir aplinkos sauga – tai nepertraukiama procesas, reikalaujantis kasdieninio įtempto ir kvalifikuoto darbo, sietino su radiacinės saugos ir kitų sričių (fizikos, chemijos, radiobiologijos, informatikos ir kt.) specialistų veikla. Knyga gali būti naudinga ir aukštysti mokyklų studentams, ir doktorantams.

Knyga parengta pagal Valstybinės radiacinės saugos programą. Jos rengimą rėmė Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas ir Švedijos radiacines saugos institutas.

Vitold Filistovič

¹⁾ Tatjana Nedveckaitė. Radiacinė sauga Lietuvoje. – Vilnius, 2004. – 230 p. : 56 pav., 40 lent. – Priedai p. 228–239. – Bibliogr. : p. 217–227 (250 nuorod.). – ISBN 9955-526-16-5.

36-oji LIETUVOS NACIONALINĖ FIZIKOS KONFERENCIJA



36-oji Lietuvos nacionalinė fizikos konferencija vyks 2005m. birželio 16–18 d.

Vilniaus pedagoginio universiteto II rūmuose T. Šeščenkos 31, Vilniuje.

Pranešimų tezės ir anketos primamos iki 2005 m. balandžio 25 d. el. paštu – spiadm@pfi.lt arba pašto adresu: LNFK-36 organizacinių komitetui, Puslaidininkų fizikos institutas, A. Goštauto g. 11, LT-01108 Vilnius. Dalyvio anketą galima užpildyti ir dialoginiu būdu interneto svetainėje: <www.pfi.lt/conf/lnfk36>.

Informacija apie konferenciją galima rasti: <www.pfi.lt/conf/lnfk36, www.ipfa.lt/LFD/lnfk>.

Teisrautis: Puslaidininkų fizikos institute tel.: (8-5) 2619821, (8-5) 2619759, faks. (8-5) 2627123 arba <spiadm@pfi.lt>.

VPU Fizikos ir technologijos fakulteto dekanate, doc. K. Sadauskas, tel.: (8-5) 2751624 arba <ecotox@vpu.lt>

APGINTOS DISERTACIJOS



Kauno technologijos universiteto disertacijos gynimo taryboje

2005 m. kovo 9 d. **Artūras ŠMAIŽYS** apgynė technologijos mokslų srities energetikos ir termoinžinerijos krypties (06T) daktaro disertaciją „RBMK-1500 panaudoto branduolinio kuro saugojimo konteinerių ir radioaktyviųjų atliekų saugyklu branduoliniai ir radiaciinių charakteristikų analizė“. Mokslinis vadovas prof. habil. dr. Povilas Poškas, mokslinis konsultantas doc. dr. Vidmantas Reimeikis. Tarybos pirmininkas prof. habil. dr. Jonas Gylys.

Puslaidininkų fizikos instituto disertacijos gynimo taryboje

2005 m. sausio mėn. 10 d. **Artūras SUCHODOLSKIS** apgynė fizinių mokslų srities fizikos krypties (02P) daktaro disertaciją „Fotoelektroninė ir optinė i-ZnMg(Y,Ho,Er) kvazikristalų spektroskopija“. Mokslinis

vadovas dr. V. Karpus. Tarybos pirmininkas doc. dr. Bonifacas Vengalis.

2005 m. sausio mėn. 14 d. **Viktorija STRAZDIENĖ** apgynė fizinių mokslų srities medžiagų inžinerijos krypties (08T) daktaro disertaciją „Dujų jutiklių vario sulfido pagrindu technologija ir savybės“. Mokslinis vadovas prof. habil. dr. A. Galdeikas, konsultantas dr. A. Šetkus. Tarybos pirmininkas prof. habil. dr. Arvydas Matulionis.

Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto disertacijos gynimo taryboje

2005 m. vasario mėn. 25 d. **Ramūnas ALEKSIEJŪNAS** apgynė fizinių mokslų srities fizikos krypties (02P) daktaro disertaciją „Nepusiausvirųjų krūvininkų ir vidinio elektroinio lauko dinamikos ypatumai nevenialygiuose puslaidininkiniuose kristalose bei sandarose“. Mokslinis vadovas prof. habil. dr. Kęstutis Jarašiūnas. Tarybos pirmininkas prof. dr. Jurgis Storasta.

Parengė Eglė Makariūnienė

NAUJOS KNYGOS

Eksperimento metodologija ir planavimas : mokomoji knyga / Danielius Eidukas ; Kauno technologijos universitetas. Elektronikos inžinerijos katedra. – Kaunas : Technologija, 2003.

Kn. 3: Eksperimento rezultatų analizė / Antanas Dumčius, Danielius Eidukas. – 2004 (Kaunas : I-klos „Technologija“ sp.). – 128, [1] p. : iliustr. – Tiražas [100] egz. – ISBN 9955–09–716–7.

Fizika. Optikos laboratoriniai darbai / Rimgaudas Brazdžiūnas, Ramū-

nas Naujokaitis, Petras Žvirblis ; Kauno technologijos universitetas. Fizikos katedra. – Kaunas : Technologija, 2004 (Kaunas : I-klos „Technologija“ sp.). – 168 p. – ISBN 9955–09–716–7.

Mokomoji knyga, skirta KTU anturuojančios visų fakultetų studentams. Ją sudaro devynios temos.

Fizika: VIII klasės mokytojo knyga / Palmira Pečiuliauskienė, Vladas Valentinavičius. – Kaunas: Šviesa, 2004 – 126 p.: iliustr.–Tiražas 1500 egz.





Fizikos pratybos VIII klasei / Palmira Pečiuliauskienė, Vladas Valentinavičius.–Kaunas: Šviesa, 2004 – D. 1, 80 p.: iliustr. – Tiražas 25000 egz.

Fizikos pratybos VIII klasei. / Palmira Pečiuliauskienė, Vladas Valentinavičius.–Kaunas: Šviesa, 2004 – D. 2, 80 p.: iliustr. – Tiražas 22000 egz.



Fizikos testai VIII klasei / Palmira Pečiuliauskienė, Vladas Valentinavičius.– Kaunas: Šviesa, 2004 – 48 p.: iliustr.–Tiražas 2000 egz.

Fizikos ir matematikos fakulteto mokslinio seminaro darbai = Proceedings of scientific seminar of the Faculty of Physics and Mathematics / Šiaulių universitetas; [vyriausasis redaktorius Antanas Laurinčikas]. – Šiauliai : Šiaulių universiteto I-kla, 2004. – ISSN 1392–7086.

[T.] 7. – 2004 (Šiauliai : Šiaulių knygrišykla). – 116, [1] p.: iliustr. – Str. angl. – Santr. liet. – Tiražas 100 egz.

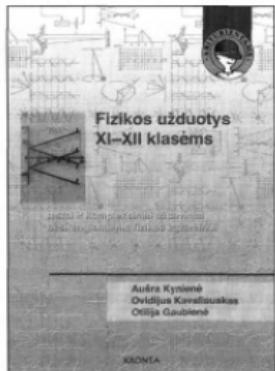
Fizikos laboratoriniai darbai / Albinas Tamašauskas, Sigitas Joneliūnas. – Kaunas: Technologija, 2005. – ISBN 9986–13–907–4.

Knygoje pateikiti pirmojo fizikos semestro laboratoriniai darbai.

Fizikiniai medžiagų tyrimo metodai : mokomoji knyga / Sigitas Tamulevičius, Gedrius Laukaitis, Igoris Prosičevas ; Kauno technologijos universitetas. Fizikos katedra. – Kaunas : Technologija, 2004 (Kaunas : I–klos „Technologija“ sp.). – 213, [1] p.: iliustr. – Tiražas 100 egz. – ISBN 9955–09–701–9.

Mokomoji knyga, kurioje pateikiti vienuoliukos laboratorinių darbų aprašymai ir teorija. Knyga skirta taikomosioms fizikos, medžiagų mokslo bakalauro ir magistro studijų studentams.

Fizikos testai ir kompleksinės užduotys XI–XII klasėms / Aldona Kairienė. – Kaunas : Lututė, 2004 (Kaunas : Mažoji poligrafija). – 79, [1] p.: iliustr. – Virš. antr.: Fizikos testai ir kontrolinės užduotys 11–12 klasėms. – Tiražas [1000] egz. – ISBN 9955–575–64–6 : [10 Lt]



Fizikos užduotys XI–XII klasėms: testai ir kompleksinai uždaviniai bei surengiantiems fizikos egzaminui /

Aušra Kynienė, Ovidijus Kavaliauskas, Otilija Gaubienė. – Vilnius : Kronta, 2005 (Vilnius : A. Jakštė sp.). – 157, [3] p.: iliustr. – Tiražas 3000 egz. – ISBN 9955–595–39–6.

Fizikos testai 7–10 klasėms / Albinas Ivanauskas, Laimutė Leonavicienė. – Vilnius : Vilniaus knyga : AMMJ, 2004 (Vilnius : Vilspa). – 138, [1] p.: iliustr. – Tiražas [1000] egz. – ISBN 9955–490–28–4 : [14 Lt]

Fizikos uždavinynas techninių siemis universitetams, I d. / Petras Povilas Žvirblis ; Kauno technologijos universitetas. Fizikos katedra. – Kaunas : Technologija, 2004 (Kaunas : I–klos „Technologija“ sp.). – 372 p.– ISBN 9955–09–601–2.

Mokomoji knyga, skirta KTU pirmakursiams. Pagrindinis jos tikslas – suteikti metodinę pagalbą studentams, besirengiantiems teorinėms pratyboms, kontroliniams darbams, savarankiškai atliekantiems namų darbus. Ja galės pasinaudoti pradedantys dirbtis dėstytojai.

Lietuvos branduolinė paeitis / Česna B., Davulienė L., Alilis K. – Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, 2004. – 46 p.

Lietuvos dangus 2005 / [Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas ; redakcinė kolegija: Stanislava Bartašiūtė, Algirdas Kazlauskas, ... [ir kt.]. – Vilnius : Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, 2005. – 2005 (Vilnius : UAB „Biržnio mašinų komp.“). – 180 p.: iliustr. – ISSN 1392–0987.

Tęstinis leidinys, kuriamo straipsniai sudaro tokius skyrius: astronomijos pasaulyje, astronomijos istorija, astronominiai stebėjimai ir Lietuvos dangus 2005 metais. Skyriuje „Astronomijos istorija“ Pasaulinių 2005–ųjų fizikos metų progą R.Karazijos straipsnyje „Auksiniai Einsteinė metai“ rašoma apie didžiosius A. Einsteinė atradimus, padarytus prieš šimtą metų.

Medžiagų sandara. Mechanika : mokomoji knyga / Stanislovas Jakutis, Lloreta Ragulienė. – Šiauliai : Šiaulių universitetas, 2004. – 2004 (ŠU 1-kla). – 244 p. : graf., lent.

Parankinė knyga skiriama fizikos specialybės studentams, mokytojams. Ji gali būti naudinga moksleiviams, besirengiantiems laikyti baigiamajį fizikos egzaminą.

Programavimo kalbos ir skaičiavimų receptai : C ir C ++ įvadas : [vadovėlis aukštųjų mokyklų tiksliuju mokslų specialybų studentams] / Žilvinas Kancleris. – Vilnius : Vilniaus universitetas, Puslaidininkų fizikos katedra; Puslaidininkų fizikos instituto Mikrobangų laboratorija, 2004. – D. I, 106, [I] p. – UAB „Biznio maši-

nų kompanija“. – Tiražas 150 egz. – ISBN 9955-430-60-5.



Žvilgsnis į žvaigždes : vadovas nakties dangui stebeti ištisus metus / Robin Kerrod ; [iš anglų kalbos vertė Alfonsas Zdanavičius]. – [Vilnius] : Mūsų knyga, [2005] (Spausd. Honkonge). – 96 p. : iliustr. + planisfera. – Tiražas 2500 egz. – ISBN 9955-14-006-2 (jr.) : [24 Lt 40 ct]

Superjoniniai laidininkai : [vadovėlis] / Antanas Feliksas Orlukas. – Vilnius : VU 1-kla, 2004. – 206 p. : graf., lent. – Bibliografija skyriu galė.

Vadovėlis skiriamas studentams, studijuojantiems kietojo kūno fiziką ir chemiją.

Влияние процессов записи на информационные характеристики записываемых голограмм / Джаманызов Н.К., Пецкус А.М., С.Б.Гуревич, К.М.Жумалиев. – Москва: Диалог-МИФИ, 2004. – 176 с.

Parengė: R.Kromkutė, E.Makariūnienė, V.Šilalnikas, V. Valentinavičius

FIZIKAI DAILININKĖS AKIMIS



Dailininkė Jutta Waloschek gimė 1931 m. Dresdene, jaunystę praleido Argentinoje. Buenos Aires ir Vienos mokyklose įgijo meno mokytojos ir dailininkės specialybę. Tuose miestuose turi savo kūrybines studijas. Nupiešė 55 fizikų portretus. Kai kuriuos pateikiame Jūsų dėmesiui.



Galileo Galilejus
(G. Galilei, 1564–1642)



Izaokas Niutonas
(I. Newton, 1643–1727)



Albertas Einšteinas
(A. Einstein, 1879–1955)



Džeimsas Maksvelas
(J. Maxwell, 1831–1879)



Antuanas Bekerelis
(A. A. Becquerel, 1852–1908)



Luisas de Broglis,
(L. de Broglie, 1892–1987)



Nilsas Boras
(N. Bohr, 1885–1962)



Ervinas Šrēdingėris
(E. Schrödinger, 1887–1961)



Verneris Heizenbergas
(W. Heisenberg, 1901–1976)



Maksas Plankas
(M. Planck, 1858–1947)



Enrikas Fermis
(E. Fermi, 1901–1954)



Paulis Dirakas
(Paul A.M. Dirac, 1902–1984)

„PHYSICISTS NEWS“ No 28, 2005

Contents

LPS Activity

Z. R. Rudzikas. Vilnius – a three-day capital of European physicists.....1

World Year of Physics

J. A. Martišius, K. Svirskas. Centenary of the relativity theory.....2

Physics at School

S. Sakalauskas, S. Tamošiūnas. Experimental tasks in electronics of the international olympiads in physics.....4

A. Kynienė. The 2nd round of the 53rd olympiad in physics for secondary school students.....6

From Laboratories

G. Valušis. Beyond terahertz.....7

R. Kalinauskas. Fine doublet of scientists of the Institute of Physics.....11

G. Morkūnas. Some facts about radiation safety.....12

Awards. Contests

K. Makariūnas. Lithuanian science prize in 2004.....14

Adolfas Jucys prize of the Lithuanian Academy of Sciences.....15

Laureates of 2004 contest for young scientists and students of the higher schools.....15

Jubilees

V. Lazauskas. Seventieth anniversary of Professor Algirdas Audzijonis.....16

V. Pocius. 70 years in physics at Vilnius Pedagogical University.....16

From the Science World

K. Makariūnas. The main problems in physics and astrophysics19

Science History .

L. Klimka. The word „meter“ used for the first time in Vilnius.....19

Terminology

A. Kaulakienė. Nine-language dictionary on the protection of environment.....21

J. Kaladė, K. Ušpalis, K. Valacka, V. Palenskis, V. Valiukėnas, V. Žalkauskas. Potential and its kinds

/Continuation/.....22

Presentation of a Book

V. Filistovič. Monograph on the problems of radiation safety.....24

36th Lithuanian National Physics Conference.....24

Defended Theses.....25

New Books.....25

Physicists from the Point of View of Artist.....27

„FIZIKŲ ŽINIOS“ Nr. 28, 2005

Turinys

| | |
|---|----|
| LFD veikla | |
| Z. R. Rudzikas. Vilnius – Europos fizikų trijų dienų sostinė..... | 1 |
| Pasauliniai fizikos metai | |
| J. A. Martišius, K. Svirskas. Reliatyvumo teorijos šimtmetis..... | 2 |
| Fizika mokykloje | |
| S. Sakalauskas, S. Tamošiūnas. Tarptautinių fizikos olimpiadų eksperimentinės elektronikos užduotys..... | 4 |
| A. Kyrienė. LIII moksleivių fizikos olimpiados antrasis etapas..... | 6 |
| Fizika laboratorijoje | |
| G. Valušis. Anapus terahercų..... | 7 |
| R. Kalinauskas. Puikus Fizikos instituto mokslininkų dubletas..... | 11 |
| G. Morkūnas. Šiek tiek apie radiacinę saugą..... | 12 |
| Premijos. Konkursai | |
| K. Makariūnas. 2004 Lietuvos mokslo premija..... | 14 |
| Lietuvos mokslo akademijos vardinė Adolfo Jucio premija..... | 15 |
| 2004 m. jaunųjų mokslininkų ir aukštųjų mokyklų studentų darbų konkursų laureatai..... | 15 |
| Jubiliejai | |
| V. Lazauskas. Profesorui Algirdui Audzijoniui 70 metų..... | 16 |
| V. Pocius. Fizika Vilniaus pedagoginiame universitete per 70 metų..... | 16 |
| Iš mokslo pasaulio | |
| K. Makariūnas. Svarbiausios fizikos ir astrofizikos problemos..... | 19 |
| Iš mokslo istorijos | |
| L. Klimka Vilniuje pirmą kartą pavartotas žodis – „metras“..... | 19 |
| Termininologija | |
| A. Kaulakiėnė. Devynkalbis aplinkos apsaugos žodynas..... | 21 |
| J. Kaladė, K. Ušpalis, K. Valacka, V. Palenskis, V. Valiukėnas, V. Žalkauskas. Potencialas ir jo rūšys /Tęsinys/..... | 22 |
| Pristatome knygą | |
| V. Filistovič. Monografija, skirta radiacinių saugos klausimams | 24 |
| 36-oji Lietuvos nacionalinė fizikos konferencija | 24 |
| Apgintos disertacijos | 25 |
| Naujos knygos | 25 |
| Fizikai dalininkės akimis | 27 |