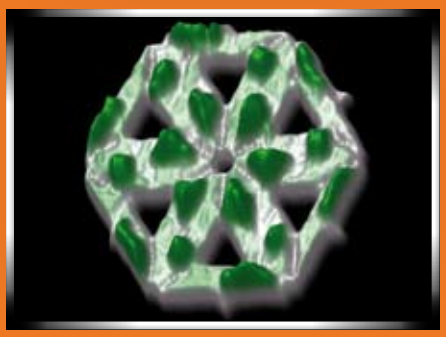
JAUNASIS TYRĖJAS

2011 Nr. 3

Ar dar fantastika?

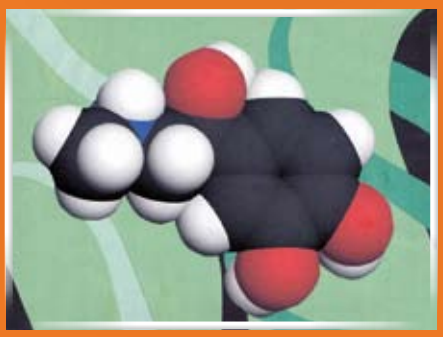


DNR pranašesnė už daugelį gamtoje randamų molekulių – galima nuspėti, kaip DNR grandinės susisuks į spiralę, vadinasi – ir sukurti sapne regėtus darinius.

Vyko, vyksta, vyks

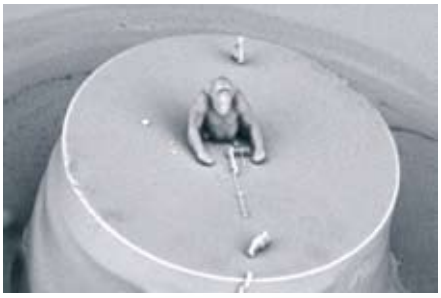
Jei jau prakalbome sporto terminais, tai pirmąjį *Eruditų turnyro* turą galėtume pavadinti bėgimu su barjerais: vienus mokiniai peršoko lengvai, o kitus kliudė.

Ar pagalvotum...



Pakalbėsime apie meilę, kuri nuo antikos laikų begalę kartų apdainuota, dėl kurios aukojamasi ir apie kurią, galima neabejoti, beveik visi žino viską.

Turinys



Mokslas šiandien ir rytoj

4–9 Rolandas Meškys | Mikroorganizmai ir arsenas

10–14 Valdas Šablinskas, Justinas Čeponkus | Infraraudonoji šviesa ir inertinių dujų kristalai atskleidžia molekulių paslaptis

Jaunųjų tyrėjų darbai

15–20 Asta Lučiūnaitė | Cycles of Solar Activity

21–23 Justas Simonavičius | Heavy Metals' and Total Sulphur Concentration Study in Pine Bark

Susipažinkite

24–25 Dalia Ignatjeva | Žali dvejetai

26–27 Gražina Radzvilavičiūtė | Svarbiausia – būti žmogumi

28–29 Dalia Ignatjeva | Valandos, kurių neskaičiuoji

30–31 Gražina Radzvilavičiūtė | Abejok viskuo

32–33 Gražina Radzvilavičiūtė | Mokytojavimas pagal fizikos dėsnius

34–35 Dalia Ignatjeva | Leidžiu klysti

Mokslas Lietuvoje

36–41 Gintaras Valušis | Atrask save laboratorijoje

42–45 Gabija Bičkauskaitė, Mangirdas Malinauskas | Lazerinė daugiafotonė fotopolimerizacija – mikro- ir nanodarinių gamybos įrankis

Tyrimų paslaptys

46–49 Donatas Narbutis | Moksliniai tyrimai – pagrindiniai įgūdžiai

50–52 Rita Makarskaitė-Petkevičienė | Linkę tyrinėti... Kokie jie?

53–55 Gediminas Beresnevičius | Daryk atvirkščiai

Vyko, vyksta, vyks

56–60 Gražina Radzvilavičiūtė | Vasaros mokyklos dienoraštis

61–64 Gražina Radzvilavičiūtė | Europos jaunieji mokslininkai rinkosi Lisabonoje

65–68 Gražina Radzvilavičiūtė | Mokinių galvose – idėjų gausa

69–73 Gražina Radzvilavičiūtė | Eruditų miestas – Šiauliai

Ar pagalvotum...

74–77 Vincas Būda | Meilės chemija

Seniai, seniai

78–81 Juozas Algimantas Krikštopaitis | Teodoras Grothusas

Įdomybės

82–85 Marijonas Bogdevičius, Vladimiras Suslavičius | Vandens „kalašnikovas"

Ar dar fantastika?

86–87 Julija Baniukevič | DNR origamiai

Žodžių spalvos

88 Kertelėje – prielinksniai

Pravartu žinoti

89 Europos strateginis mokslinių tyrimų infrastruktūrų forumas

Numerio nuotrauka

Ar Tu Tyrinėtojas?

– Jūsų planeta labai graži. Ar joje yra vandenynų?
– Šito aš nežinau, – atsakė geografas.
– Ak... – Mažasis princas jautėsi nusivylęs. – O kalnų?
– Šito aš nežinau, – atsakė geografas.
– O miestų, upių ir dykumų?
– Šito aš irgi nežinau, – tarė geografas.
– Bet juk jūs geografas!
– Teisybė, – patvirtino geografas. – Aš esu geografas, bet ne tyrinėtojas. Savo planetoje aš visiškai neturiu tyrinėtojų. Ne geografo uždavinys skaičiuoti miestus, upes, kalnus, jūras, vandenynus ir dykumas. Geografas – pernelyg svarbus asmuo, jam nėra kada bastytis. Jis niekad neišeina iš savo kabineto. Bet priima tyrinėtojus ir užrašo jų prisiminimus. Ir jeigu tyrinėtojo prisiminimai jam atrodo įdomūs, geografas liepia surinkti informaciją apie jo moralę.
– Kodėl?
– Jeigu tyrinėtojas imtų meluoti, geografijos knygose viską neatitaisomai supainiotų.
...
– ... Kai paaiškėja, kad tyrinėtojas – padorus žmogus, tada surenkama informacija apie jo atradimą.
– Kas nors vyksta patikrinti?
– Ne. Tai pernelyg sudėtinga. Bet iš tyrinėtojo pareikalaujama įrodymų. Jeigu jis, pavyzdžiui, atrado didelį kalną, tegul atneša nuo jo didelių akmenų.
Staiga geografas susijaudino.
– Bet tu irgi atkeliavai iš toli! Tu irgi tyrinėtojas! Papasakok man apie savo planetą!
Geografas atsivertė įrašų žurnalą ir pasismailino pieštuką. Tyrinėtojų pasakojimai pirmiausia užrašomi pieštuku. Informacija perrašoma rašalu tik tada, kai tyrinėtojas pateikia įrodymus.
– Na? – paklausė geografas.
– Na, ten, kur aš gyvenu, – pradėjo mažasis princas, – nelabai įdomu, nes viskas maža. Turiu tris ugnikalnius. Du veikiančius ir vieną užgesusį.
...
– Ir dar turiu gėlę.
– Gėlių mes neįrašome, – tarė geografas.
– Kodėl? Juk jos visų gražiausios!
– Dėl to, kad gėlės efemeriškos.
– Ką reiškia „efemeriškos“?
– Geografijos knygos – pačios vertingiausios knygos pasaulyje, – paaiškino geografas. – Jos niekad nepasensta. Kalnas labai retai keičia savo vietą. O vandenynas labai retai išdžiūsta. Mes aprašome amžinus dalykus.
– Bet užgesęs ugnikalnis gali pabusti, – pertraukė jį mažasis princas...
– Ar ugnikalnis užgesęs, ar neužgesęs mums neturi reikšmės, – paaiškino geografas. – Mums svarbu kalnas. Jis nesikeičia.

Antoine de Saint-Exupéry „Mažasis princas“

Bandykit intuityviai suprasti mokslinių tyrimų esmę – kūrybiškai spręskit geografo ir tyrinėtojo dilemą: neužsiverkit savo „planetoje“, bendraukit, keiskitės informacija ir aptarkit savo atradimus, sėkmes bei nesėkmes su draugais – ieškokit ir visada atrasite!

Vladas Vansevičius

Prasidėjo projektas

Mobiliųjų mokslinių-demonstracinių laboratorijų kūrimas!!!

JAUNASIS TYRĖJAS

Jau gali drąsiai planuoti tyrimus ir nusiteikti rimtiems moksliniams tyrimams! Tai ne pokštas – jauniesiems tyrėjams įkuriamos dvi mobiliosios ir dvi kilnojamosios mokslinės laboratorijos. Todėl jei tik norėsi, jau kitais metais į tavo mokyklą atvyks mobilioji laboratorija su naujausia įranga. Laboratoriją lydinti *Jaunojo tyrėjo* komanda demonstruos prietaisų galimybes ir mokys jais naudotis, o tu galėsi atlikti eksperimentus ir kaupti duomenis savo tiriamajam darbui. Na, o Vilniuje bus įkurtos dvi kilnojamosios laboratorijos – Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centre ir Lietuvos jaunųjų gamtininkų centre. Čia galėsi atvykti įgyvendinti savo sumanymų. O viską išbandęs ir pajutęs tiriamojo darbo žavesį lengviau pasirinksi būsimąją profesiją!

Jaunasis tyrėjas

Projekto *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* žurnalas

Leidžia Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centras

Redakcinė kolegija: Aurelija Judita Abraitytė, Gediminas Beresnevičius, Vincas Būda, Rimantas Jankauskas, Jonas Karolis, Tomas Luneckas, Gediminas Motuza, Donatas Narbutis, Rigonda Skorulskienė, Rima Stonkutė, Justinas Teišerskas, Vladas Vansevičius (pirmininkas), Gitana Viganauskienė, Aurelija Visockienė.

Žurnalą rengė
Aldona Krutinienė, *aldona@jaunasis-tyrejas.lt*
Dalia Ignatjeva, *dalia@jaunasis-tyrejas.lt*
Ieva Šablevičiūtė, *ieva@jaunasis-tyrejas.lt*
Saulė Markevičiūtė, *saule@jaunasis-tyrejas.lt*

Adresas
Žirmūnų g. 1B, LT-09101 Vilnius
Tel. +370 5 230 0663
Faks. +370 5 276 3205
El. p. *busiu.mokslininkas@jaunasis-tyrejas.lt*

© Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centras, 2011

© Dizainas UAB „Inter Se“
Žygimantų g. 10-3, LT-01102 Vilnius

Maketavo ir spausdino UAB „Lodvila“
Sėlių g. 3A, LT-08125 Vilnius

Už straipsniuose pateiktus vertinimus ir faktus atsako autoriai.

Žurnale pateiktą informaciją galima naudoti kituose leidiniuose tik gavus raštišką leidėjo sutikimą.

Žurnalas *Jaunasis tyrėjas* internete *www.jaunasis-tyrejas.lt*

Žurnalas leidžiamas Europos Sąjungos struktūrinių fondų ir Lietuvos Respublikos valstybės biudžeto lėšomis

ISSN 2029-3577

Mikroorganizmai ir arsenas

Rolandas Meškys

Visi gyvieji organizmai sudaryti iš cheminių elementų: pagrindinių, be kurių neįmanoma gyvybė (C, H, O, S, N, P, Cl, Na, K, Mg, Ca), ir mikroelementų (Fe, V, W, Co, Ni, Mn ir kt.; Kadziauskas 2008). Neseniai paskelbti mokslinių tyrimų rezultatai apie kai kurių bakterijų savybę arseną panaudoti vietoj fosforo (Wolfe-Simon et al. 2010) sukėlė diskusijų dėl mikroorganizmų įvairovės ir jų prisitaikymo galimybių. Mokslininkus ypač domina bakterijos, kurios dauginasi ekstremaliomis sąlygomis, pavyzdžiui, labai žemoje (< 0 °C) ar labai aukštoje temperatūroje (> 100 °C), esant didelei sunkiųjų metalų, nemetalų ar druskų koncentracijai, dideliam slėgiui (>500 atm). Ne ką mažiau dėmesio mokslininkai skiria mikroorganizmams, kurie energijos gauna iš neorganinių junginių oksidacijos-redukcijos reakcijų[1] ir sintetina visus ląstelei reikalingus junginius (nuo lipidų iki DNR) iš paprasčiausių medžiagų (N_2, CO_2, CH_4, H_2S). Spėjama, kad tokie ekstremofilai galėtų išgyventi ne tik Žemėje, bet ir kitose gerokai atšiauresnio klimato planetose.

Rolandas Meškys, fizinių mokslų daktaras, Vilniaus universiteto Biochemijos instituto Molekulinės mikrobiologijos ir biotechnologijos skyriaus vedėjas. Mokslinių tyrimų sritys – biocheminė ir genetinė mikroorganizmų įvairovė, fermentų biotechnologija. Daugiau kaip 80 mokslinių straipsnių, patentų bendraautoris. Lietuvos mokslo premijos laureatas.

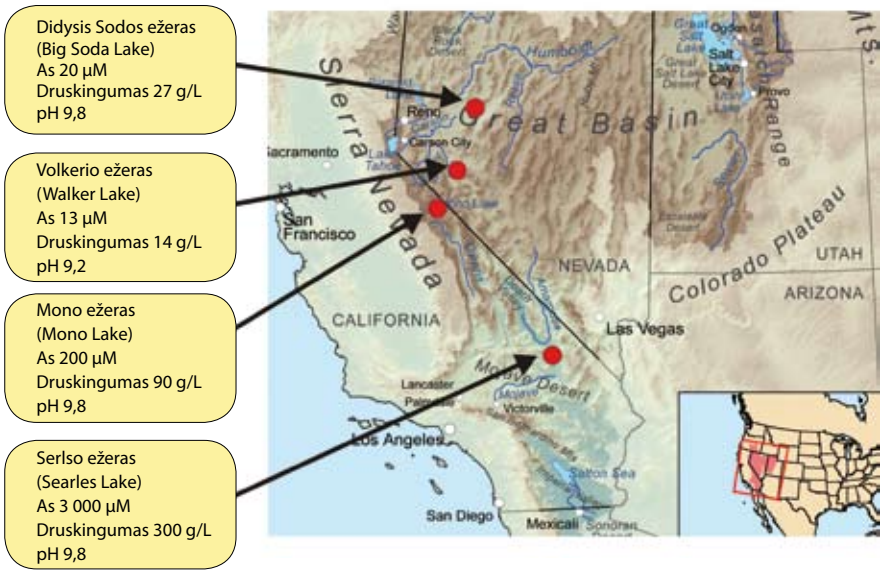
Nors arsenas sudaro tik 0,0001–0,0005 % Žemės plutos masės ir tėra dvidešimtas elementas pagal paplitimą, kai kuriose ekologinėse nišose[2] šio elemento koncentracija gali siekti šimtus mikromolių litre (μmol/L, dar žymima μM). Arseno junginiai tirpsta požeminiame karštame vandenyje, o į paviršių išsiveržęs vanduo kaupiasi atvirose daubose, garuoja ir susidaro druskingi ežerai, kuriuose gausu arseno junginių. Tokių vandens telkinių yra JAV vakarų pakrantėje esančioje Mohavių dykumoje (Mojave Desert) (1 pav.). Du iš jų – Mono ir Serlso (Searles) ežerai – labai druskingi, juose ypač daug arseno junginių, o vanduo šarminis. Reiktų pabrėžti, kad Mono ežeras yra vienas seniausių ežerų JAV – jam jau 700 000 metų. Šiuos vandens telkinius mokslininkai tiria jau ne vieną dešimtmetį, o daugiausia dėmesio jie skiria arseną mėgstantiems mikroorganizmams.

Arseno junginių yra ne tik šiuose ežeruose, bet ir kai kuriuose augaluose, pavyzdžiui, lygialapyje pteryje (*Pteris vittata*). Šio augalo šaknų sistemoje yra bakterijų, galinčių daugintis terpėje, kurioje arseno junginių koncentracija net 0,4 mol/L (Huang et al. 2010). Daug arseno yra ir dėl žmogaus veiklos užterštose vietovėse, nes šis cheminis elementas įeina į kai kurių vaistų, pesticidų, puslaidininkių sudėtį. Iki 2003 m. JAV arseno junginiai buvo naudojami medienai apsaugoti nuo puvimo. Karo pramonė taip pat prisidėjo prie taršos arsenu. Arseno organinis junginys – liuizitas (2-chloretenildichlorarsinas) naudotas cheminiam ginklui kurti per Pirmąjį ir Antrąjį pasaulinį karą. Dar ir dabar galima rasti šio junginio saugyklų ar palaidojimo vietų. Patekęs į aplinką liuizitas abiotiškai (be gyvųjų organizmų įsikišimo) ir greitai virsta 2-chloretenilarsonito ir 2-chloretenilarsonato rūgštimis, kurias toliau skaido kai kurios *Nocardia* ir *Rhodococcus* genčių bakterijos (2 pav.; Nakamiya et al. 2009). Štai kur, atrodytų, sparčios evoliucijos pavyzdys! Tik žmogus paterše, ir jau atsirado bakterijų, pasiruošusių tuos teršalus išvalyti. Iš tikrųjų viskas yra šiek tiek sudėtingiau. Įvairūs organizmai su arseno junginiais biosferoje[3] susiduria jau daug milijonų metų.

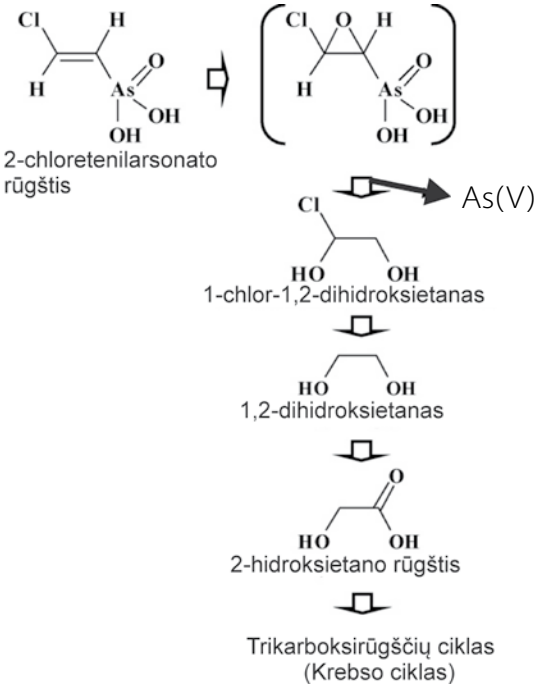
[1] Oksidacijos-redukcijos reakcija – cheminė reakcija, kuriai vykstant pakinta vieno arba kelių reaguojančių elementų oksidacijos laipsnis. Procesas, kurio metu molekulės, atomai arba jonai atiduoda elektronus, vadinamas oksidacija, o pačios molekulės, atomai arba jonai – reduktoriais. Procesas, kurio metu molekulės, atomai arba jonai prisijungia elektronus, vadinamas redukcija, o pačios molekulės, atomai arba jonai – oksidatoriais.

[2] Teritorijos dalis, kurioje aplinkos sąlygos yra palankiausios (pakanka šviesos, šilumos, maisto) tam tikrai rūšiai.

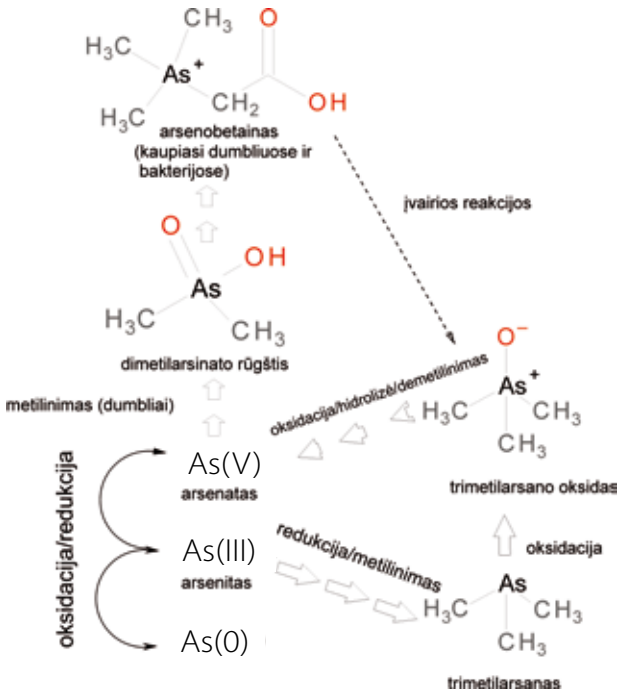
[3] Dirvos (litosferos), vandens (hidrosferos) ir oro (atmosferos) sluoksnis, kuriame egzistuoja gyvybė.



1 pav. Vakarų Nevados ir Rytų Kalifornijos ežerai, kuriuose gausu arseno junginių. Pagal Oremland et al. 2004 ir http://en.wikipedia.org/wiki/File:Greatbasinmap.png



2 pav. Numanomas 2-chloretenilarsonato rūgšties metabolinis kelias *Nocardia carnea* NK0505 bakterijose



3 pav. Arseno apykaita gamtoje

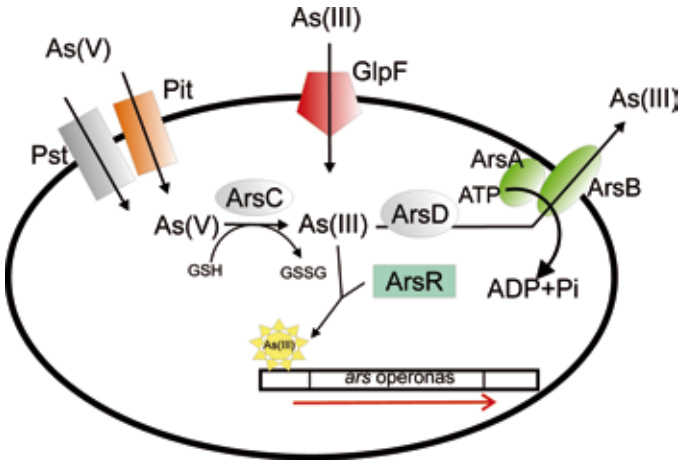
O per ilgą evoliucijos laikotarpį susiformavo tam tikri prokariotų[4] ir eukariotų[5] santykiai su šiuo cheminiu elementu.

Gamtoje aptinkama arseno junginių, kuriuose arseno oksidacijos laipsnis yra –3, 0, +3 ir +5. Junginiai, kuriuose arseno oksidacijos laipsnis –3 arba 0, gana reti. Gerokai dažniau aptinkama junginių, kuriuose arseno oksidacijos laipsnis +3 ir +5: arsenitai As(III) ($HAsO_3^{2-}$) ir arsenatai As(V) ($HAsO_4^{2-}$). Biosferoje randama ir arseno organinių junginių.

Kad arsenas gyviesiems organizmams nuodingas, žinoma jau daugelį metų, tačiau mažai kas žino, jog arseno junginių virsmai yra kai kurių mikroorganizmų medžiagų apykaitos dalis. Arseno apykaita gamtoje – sudėtingas procesas, kuriame dalyvauja daugybė organizmų ir susidaro įvairūs arseno organiniai ir neorganiniai junginiai (3 pav.).

[4] Organizmai, neturintys ląstelėse tikrų branduolių. Prokariotams priskiriamos bakterijos, archėjos.

[5] Organizmai, kurių ląstelės turi visiškai susiformavusį branduolį ir kitus membranomis apsuptus organoidus. Eukariotams priskiriami dumbliai, grybai, aukštesnieji augalai ir gyvūnai.



4 pav. Atsparumo arsenui mechanizmas *Escherichia coli* ląstelėse. As(III) – arsenitas, As(V) – arsenatas, ATP – adenozintrifosfatas, ADP – adenozindifosfatas, Pst ir Pit – fosfato pernašos baltymai, GlpF – glicerolio pernašos baltymas, ArsA – ATP hidrolizuojantis baltymas, ArsB – As(III) membraninis siurblys, ArsC – As(V) reduktazė, ArsD – As(III) pernešantis baltymas, ArsR – baltymas reguliatorius, GSH – redukuotas glutationas, GSSG – oksiduotas glutationas, Pi – fosfatas, raudona rodyklė – informacinė RNR[10].

Ne visi arseno apykaitos etapai ir arseno junginių virsmus pagreitinantys baltymai (fermentai) išsamiai ištirti. Be to, ne visi gamtiniai arseno junginiai žinomi, tačiau kiekvienais metais visa tai po truputį aiškėja. Iš ekologinių nišų, kuriose daug arseno, išskirti mikroorganizmai paprastai yra atsparūs jo nuodingam poveikiui, o kai kurių jų energijos šaltinis yra būtent arseno junginiai. Kaip visa tai vyksta?

Atsparumas arsenui

Kodėl arseno junginiai nuodingi? Arsenito As(III) nuodingumą nulemia tai, kad jis reaguoja su tiolio grupe, kuri svarbi baltymų aktyvumui, o arsenato As(V) nuodingumą – jo ir fosfato struktūrų panašumas. Todėl ląstelės baltymai neskiria arsenato nuo fosfato ir vietoj pastarojo gali prisijungti arsenatą. Baltymams padarius šią klaidą, fermentai dažniausiai inaktyvuojami, t. y. jie nebegali paspartinti reakcijos. Taip nustoja vykti reakcijos, per kurias susidaro gyvybei būtinos medžiagos, pavyzdžiui, adenozintrifosfatas (ATP) – ląstelės energijos šaltinis. Į ATP sudėtį įeina fosfatai, o kai vietoj jų ląstelės baltymai prisijungia arsenatus, sustabdoma ATP sintezė. Nėra ATP – nėra gyvybės.

Kaip arseno junginiai patenka į ląsteles? Iki šiol bakterijose nerasta specialių tik arseno junginiams skirtų pernašos sistemos baltymų. Spėjama, kad jų nėra dėl to, kad šie junginiai labai nuodingi. As(III) ir As(V) struktūra panaši į glicerolio ir fosfato, todėl jie į mikroorganizmų ląsteles patenka glicerolio ir fosfato pernašos baltymais, pavyzdžiui, bakterijose *Escherichia coli* – tai GlpF ir Pst/Pit baltymai (4 pav.).

Atsparumas arsenui – gana dažna mikroorganizmų savybė (Tsai et al. 2009). Daugiau nei šimtas bakterijų, archėjų, mielių ir pirmuonių rūšių turi genus, lemiančius šią savybę (Jackson, Dugas 2003). Daugelis Gram-teigiamų ir Gram-neigiamų bakterijų[6] yra atsparios arsenui. Paprastai šį atsparumą koduojantys genai sudaro *ars* operoną[7] (*arsRBC* arba *arsRDABC*), esantį ir plazmidėse[8] (ne chromosomų DNR), ir chromosomoje.

Pagrindiniai atsparumo arsenui sistemos elementai. Viduląstelinis fermentas (ArsC reduktazė) paspartina As(V) redukciją iki As(III). Redukcijai bakterijos naudoja įvairius junginius: *Escherichia coli* – glutationą (GSH) ir glutaredoksiną, *Staphylococcus aureus* – tioredoksiną. Susidariusį As(III) atpažįsta ArsD baltymas, kuris jį prisijungia ir nuneša į membraninį siurblį ArsB, kur As(III) pašalinamas iš ląstelės. Kad atsikratytų nuodingų junginių, ląstelei reikia energijos: vienai As(III) molekulei išmesti sunaudojama viena ATP molekulė, kurią hidrolizuoja ArsA baltymas, o energija perduodama ArsB membraniniam siurbliui. *ars* operono genų raiška[9] reguliuojama taip: ArsR baltymas reguliatorius atpažįsta ląstelėje esantį As(III), jungiasi su juo ir pakeitęs struktūrą sąveikauja su prieš *ars* operoną esančia DNR molekule ir taip skatina genų nuskaitymą (4 pav.). Jei As(III) ląstelėje nėra, ArsR baltymas yra neaktyvus, todėl jis nesąveikauja su DNR ir operonas nenuskaitomas. Taip bakterijos gamina atsparumą arsenui lemiančius baltymus tik tada, kai to reikia, todėl neeikvoja ląstelės medžiagų ir energijos be reikalo.

Kai kurios arsenui atsparios bakterijos gyvena išties ekstremaliomis sąlygomis. Pietų Afrikos stibio kasyklose aptiktos bakterijos *Serratia marcescens* SA Ant16 gali daugintis, jei terpėje arsenato koncentracija yra net apie 0,5 mol/L (70 g/L)

[6] XIX a. pabaigoje danų mokslininkas H. C. Gramas (Gram) sukūrė bakterijų dažymo metodą. Bakterijos nusidažo nevienodai, nes yra skirtingos sandaros, ir pagal tai skirstomos į Gram-teigiamas (turi tik vieną plazminę membraną) ir Gram-neigiamas (turi dvi membranas: išorinę ir plazminę; tarp membranų esanti erdvė vadinama periplazma).

[7] Kelių vienas po kito išsidėsčiusių genų grupė, koduojanti tam tikrą savybę ar metabolinį kelią, pavyzdžiui, žiuželio sintezę ar laktozės įsisavinimą. Paprastai vieno operono genai yra bendrai reguliuojami.

[8] Organizmo paveldimumo faktorius, esantis ląstelės citoplazmoje (ląstelės turinys, apgaubtas plazminės membranos) ir perduodantis genetinę informaciją nepriklausomai nuo chromosomų.

[9] Genų raiška – informacijos, esančios DNR molekulėje, nuskaitymas (RNR ar baltymo sintezė).

[10] Ribonukleorūgštis, kurioje užkoduota informacija apie pirminę baltymo struktūrą. Ji perneša genetinę informaciją iš chromosomų ar plazmidžių DNR į baltymų sintezės vietą – ribosomą.

(Botes et al. 2007)! O žmogui arsenato vienkartinė mirtina dozė – apie 15–80 mg/kg kūno masės, o arsenito mirtina dozė dar 10–40 kartų mažesnė. Iš arsenu užteršto dirvožemio mėginių, paimtų iš vietovės netoli Lonžvil le Sent Avoldo (Longeville-lès-Saint-Avold) Prancūzijoje, buvo išskirtos bakterijos *Microbacterium* sp. A33. Šie mikroorganizmai dauginosi (5 % optimalaus dauginimosi greičio), kai arsenato koncentracija terpėje buvo apie 0,8 mol/L (114 g/L) (Achour-Rokbani et al. 2010). Tai absoliutus rekordas. Tiesa, gebėjimu daugintis terpėje, kurioje yra arsenito, šias bakterijas lenkia pietvakarių Indijos vandenyno nuosėdinėse uolienose aptiktos bakterijos *Microbacterium esteraromaticum*, atlaikančios 80 mmol/L (apie 9,8 g/L) arsenito koncentraciją (Chen, Shao 2009), ir archėjos *Ferroplasma acidarmanus* Fer1. Pastarosios mėgsta tik labai rūgščią terpę (pH 0–2,5), o energijos gauna oksiduodamos Fe^{2+}. Archėjos *Ferroplasma acidarmanus* Fer1 išgyvena terpėje, kurioje arsenito koncentracija net 133 mmol/L (10 g/L). Įdomu tai, kad šie mikroorganizmai neturi ArsC baltymo (As(V) reduktazės), nors yra atsparūs arsenatui, jei jo koncentracija aplinkoje ne didesnė kaip 10 g/L. Genetinė analizė parodė, kad archėjų *Ferroplasma acidarmanus* Fer1 *ars* operoną sudaro tik du genai. Tačiau jų užtenka, kad archėjos būtų atsparios arsenitui, bet visiškai neaiškus jų atsparumo arsenatui mechanizmas (Baker-Austin et al. 2007). Lauksime naujų įdomybių.

Arseno junginių virsmai – energijos šaltinis

Kai kurie mikroorganizmai išmoko panaudoti arseno junginių virsmus, kad aprūpintų ląstelę energija[11]. Spėjama, kad tai gali būti evoliucijos požymis, atsiradęs dar tada, kai Žemėje nebuvo deguonies atmosferos (anaerobinė aplinka). Dėl to mikroorganizmams teko naudoti energijos gavimo būdus, kuriems nereikia deguonies. Tai buvo anaerobinių mikroorganizmų klestėjimo laikai. Šiuolaikinėje biosferoje taip pat labai daug įvairių anaerobinių buveinių: gyvūnų žarnynai, ežerų, jūrų ir vandenynų dugnas, užlieti ryžių laukai ir pelkės.

As(V)/As(III) poros oksidacijos-redukcijos potencialas[12] yra apie +130 mV, t. y. arsenatas yra geresnis oksidatorius negu sulfatas (SO_4^{2-}/S^{2-} = –220 mV), nors ir gerokai blogesnis negu nitratas (NO_3^-/NO_2^- = +440 mV) ar deguonis (O_2/H_2O = +818 mV). Tuo naudojasi kai kurios bakterijos, t. y. mikroorganizmai energijos gauna oksiduodami arsenitą deguonimi ar nitratu arba redukuodami arsenatą sulfidu ar organiniais junginiais, pavyzdžiui, laktatu.

Nuo 1918 m. žinoma, kad bakterijos oksiduoja As(III) (Green 1918), o bakterijose *Pseudomonas arsenitoxidans* vykstantys chemolitotrofiniai procesai pirmą kartą aprašyti 1981 m. (Ilialetdinov, Abdrashitova 1981). Deja, bakterijos laboratorijoje buvo prarastos, todėl šių procesų toliau niekas nebetyrė. Vėliau buvo surastos bakterijos *Sulfurospirillum arsenophilus* ir *Sulfurospirillum barnesii*, priklausančios epsilon-proteobakterijoms ir anaerobinėmis sąlygomis redukuojančios As(V) (Stolz et al. 1999). Nuo tada buvo aprašyta daug naujų arsenitą oksiduojančių chemoautotrofinių ir arsenatą redukuojančių prokariotų rūšių (kai kurių jų savybės pateiktos 1 lentelėje).

2000 m. iš aukso kasyklos Australijoje paimtų mėginių buvo išskirtos bakterijos NT-26. Jos priskiriamos alfa-proteobakterijų grupei ir oksiduoja As(III) (Santini et al. 2000) pagal tokią schemą:

$$2H_3AsO_3 + O_2 \rightarrow HAsO_4^{2-} + H_2AsO_4^- + 3H^+ \ (\Delta G^{\circ\prime} = -256 \text{ kJ})^{13}.$$

[11] Iš cheminio ryšio gaunantys energijos organizmai vadinami chemotrofais, o iš šviesos – fototrofais. Chemolitotrofai – tai organizmai, kurie energijos gauna neorganinių medžiagų oksidacijos metu, o kaip anglies šaltinį naudoja organines medžiagas. Chemolitoautotrofai energijos gauna neorganinių medžiagų oksidacijos metu, o kaip anglies šaltinį naudoja anglies dioksidą. Chemoorganotrofai energijos gauna oksiduodami organines medžiagas.

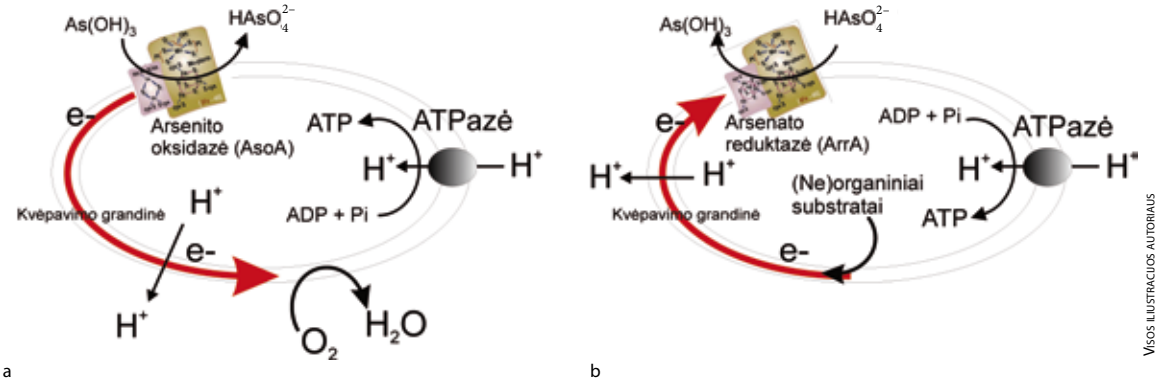
[12] Oksidacijos gebos kiekybinė charakteristika standartinio vandenilio elektrodo atžvilgiu.

[13] ΔG – Gibso energijos pokytis, reiškiantis maksimalų darbą, kurį atlieka sistema, pereidama iš nagrinėjamos būsenos į pusiausvirąją. Iš Gibso energijos pokyčio galime spręsti apie proceso pobūdį: ΔG < 0 – procesas gali vykti savaime, ΔG > 0 – savaime vykti negali, ΔG = 0 – pusiausvyros būsena. $\Delta G^{\circ\prime}$ – standartinės Gibso energijos pokytis, kai terpės pH 7,0.

1 lentelė. Arsenitą oksiduojančių ir arsenatą redukuojančių prokariotų savybės

Mikroorganizmas	Taksonas*	Reduktorius (elektronų donoras)	Oksidatorius (elektronų akceptorius)	Optimalus pH (ribos)	Optimali druskų koncentracija terpėje (ribos), g/L
Bacillus selenitireducens MLS10	Gram+**, mažai G+C DNR molekulėje***	laktatas, piruvatas, fruktozė, gliukozė, krakmolas	Se(IV), Se(0), S(0), As(V), fumaratas, nitratas, nitritas, trimetilamino oksidas, O_2	9,8 (7,3–11,2)	60 (20–220)
Bacillus arsenico selenatis E1H	Gram+, mažai G+C DNR molekulėje	laktatas, malatas, citratas, krakmolas	Se(VI), As(V), nitratas, Fe(III), fumaratas	9,5 (7,3–10,1)	60 (10–140)
Ectothiorhodospira shaposhnikovii PHS-1	gamma-proteobakterija	As(III)	CO_2 (anaerobinė fotosintezė)		
Alkalilimnicola ehrlichii MLHE-1	gamma-proteobakterija	As(III), H_2S, acetatas, H_2	nitratas, O_2		
Halarsenatibacter silvermanii SLAS-1	Gram+, mažai G+C DNR molekulėje	laktatas, sulfidas	As(V)	9,4 (8,7–9,8)	350 (200–350)
Azoarcus sp. DA01	beta-proteobakterija	As(III)	nitratas		
NT-26	gamma-proteobakterija	As(III)	O_2	8,1	
MLMS-1	delta-proteobakterija	sulfidas	As(V)		

* Taksonas – sistematinė (taksonominė) kategorija, apimanti giminingų organizmų grupę; sistematikos vienetas, pavyzdžiui, rūšis, gentis, šeima, klasė.
** Gram+ – Gram-teigiama bakterija.
*** G – guaninas, C – citozinas.



5 pav. Arsenitą oksiduojančių (a) ir arsenatą redukuojančių (b) bakterijų kvėpavimo grandinės

NT-26 bakterijos gali augti terpėje, kurioje nėra anglies organinių junginių – tik anglies dioksidas, t. y. šie mikroorganizmai pagal mitybos pobūdį priklauso chemolitoautotrofams. Kai kurios bakterijos, pavyzdžiui, *Azoarcus* sp. DAO1, gali arsenitą oksiduoti nitratu (Rhine et al. 2006). Tokios oksidacijos metu nitrato jonai redukuojami iki dujinio azoto:

$$5H_3AsO_3 + 2NO_3^- \rightarrow 5HAsO_4^{2-} + N_2 + 8H^+ + H_2O.$$

Visi žinomi arsenatą redukuojantys mikroorganizmai energijos gali gauti redukuodami ir kitus junginius, pavyzdžiui, *Bacillus selenitireducens* MLS10 gali dar redukuoti seleno ar sieros junginius, nitrato jonus. Tik delta-proteobakterijos MLMS-1 visą reikalingą energiją gauna iš šios reakcijos (Hoeft et al. 2004):

$$4HAsO_4^{2-} + S^{2-} + 4H^+ \rightarrow 4H_2AsO_3^- + SO_4^{2-} \ (\Delta G^{\circ\prime} = -192 \text{ kJ}).$$

Kaip mikroorganizmai iš šių oksidacijos-redukcijos reakcijų gauna energijos?

Pirma, tam reikalingi fermentai – arsenito oksidazė ar arsenato reduktazė. Tai sudėtingi baltymų kompleksai, turintys molibdeno ir geležies-sieros centrus. Šių fermentų aminorūgščių sekos ir aktyvieji centrai (fermento fragmentas, kuriame vyksta cheminė reakcija) skiriasi. Paprastai arsenito oksidazės ir arsenato reduktazės yra membranos baltymai arba su ja susiję baltymai, kurie dažnai aptinkami ir periplazmoje.

Antra, reikalingos elektronų pernašos sistemos, dėl kurių susidaro vandenilio jonų (H^+) ar kitų katijonų koncentracijos gradientas[14]. Veikiant arsenito oksidazei atsiranda elektronų, kuriuos į redukcinį kompleksą[15] perneša kvėpavimo grandinės baltymai ir mažos molekulinės masės junginiai, pavyzdžiui, ubichinonai. Redukciniame centre elektronai panaudojami, pavyzdžiui, deguoniui redukuoti iki vandens (5 pav., a). Elektronų akceptoriais gali būti ne tik deguonis, bet ir kitos medžiagos (1 lent.). Elektronų pernašos metu H^+ išmetami iš ląstelės į išorę, todėl susidaro jų koncentracijos gradientas, kurį fermentas ATP sintetazė (ATPazė) panaudoja ATP sintetinti. Panašiai, tik kita kryptimi veikia arsenatą redukuojančių bakterijų kvėpavimo grandinė (5 pav., b). Elektronai nuo organinių (pvz., laktato) ar neorganinių (pvz., sulfido) medžiagų kvėpavimo grandine keliauja prie arsenato reduktazės, kuri juos panaudoja arsenato redukcijai iki arsenito. Šios kelionės metu iš ląstelės išmesti H^+ grįžta atgal į ją ir, veikiant fermentui ATPazei, sintetinamos ATP molekulės, būtinos ląstelės gyvenimui.

Arsenu varoma fotosintezė

Išsiaiškinę, kaip bakterijos įkinko arseno junginių virsmus energijai gauti, pakalbėkime apie dar įdomesnius Mono ežero salos karštųjų šaltinių tyrimų duomenis. Vienų šaltinių vandens temperatūra siekė apie 45 °C ir juose fototrofinės bakterijos sudarė raudoną bioplėvelę, kitų šaltinių vandens temperatūra buvo aukštesnė (apie 63 °C), o žalios spalvos plėvelę sudarė melsvabakterių tipo bakterijos *Oscillatoria*. Pašalinus deguonį abiejų bakterijų bendrijos azoto atmosferoje oksidavo As(III) iki As(V), tačiau oksidacijos procesas sustodavo tamsoje. Taip pirmą kartą buvo aptikta bedeguonė fotosintezė, kurioje dalyvauja As(III), t. y. bakterijos CO_2 redukuoja ne vandeniu, bet arsenitu ir fotosintezės metu susidaro ne deguonis, o arsenatas (Kulp et al. 2008). Vėliau pavyko išskirti ir identifikuoti bakterijas (*Ectothiorhodospira shaposhnikovii* PHS-1), kurios vykdo tokią neįprastą fotosintezę. Manoma, kad arsenu varoma fotosintezė galėjo atsirasti prieš tris milijardus metų, kai Žemės atmosferoje nebuvo deguonies. Be to, galima spėti, kad tokiomis sąlygomis bakterijos iš arsenito sintetino arsenatą ir tam nebuvo būtini nei nitratai, nei deguonis. Arsenatų atsiradimas sudarė sąlygas rastis jį redukuojančioms bakterijoms. Chemoautotrofinė As(III) oksidacija deguonimi ar nitratu tikriausiai atsirado vėliau, maždaug prieš 2,7 milijardus metų. Taip biosferoje pradėjo suktis arseno apykaitos ratas.

Iki šiol daugiausia dėmesio buvo skiriama arseno apykaitai bakterijose ir archėjose ir daug mažiau domimasi eukariotais. Tačiau neseniai paaiškėjo, kad dumbliai, priklausantys *Cyanidiales* būriui ir gyvenantys geoterminiuose šaltiniuose, taip pat dalyvauja arseno apykaitoje. Iš Jeloustouno (Yellowstone) nacionalinio parko (JAV) karštųjų versmių išskirtas dumblis *Cyanidioschyzon* sp. 5508 oksiduoja arsenitą iki arsenato, redukuoja arsenatą iki arsenito ir metilina (įjungia į molekulę CH_3– grupę) arsenitą iki trimetilarsano

[14] Koncentracijos gradientas rodo cheminės medžiagos koncentracijos mažėjimą ar didėjimą tam tikroje srityje. Iš didesnės koncentracijos vietos medžiagos juda ten, kur jų koncentracija mažesnė.

[15] Baltymas (fermentas) ar kelių baltymų (fermentų) struktūra, kurioje vyksta oksidacijos-redukcijos reakcijos.

oksido ar dimetilarsenato. Norint įrodyti, kad dumbliuose vyksta arseno junginių virsmai, buvo klonuoti du fermentus metilazes koduojantys genai ir parodyta, kad rekombinantiniai baltymai[16] 60–70 °C temperatūroje katalizuoja As(III) virsmus iki monometilarsenito, dimetilarsenato, trimetilarsano oksido ir net trimetilarsano (Qin et al. 2009). Tai dar vienas naujas puslapis arseno biochemijos istorijoje.

Arsenas vietoj fosforo?

O dabar grįžkime prie straipsnio pradžioje minėtų tyrimų rezultatų. 2010 m. gruodžio mėnesį NASA finansuojama JAV mokslininkų grupė paskelbė, kad iš Mono ežero išskirtos GFAJ-1 bakterijos, priklausančios *Halomonadaceae* šeimai, gali daugintis terpėje, kurioje beveik nėra fosfatų, bet yra arsenatų (Wolfe-Simon et al. 2010). Mokslininkai įvairiais tyrimo metodais nustatė, kad arsenatai gali pakeisti fosfatus net DNR ir ATP molekulėse (o gal ATP šiose bakterijose būtų teisingiau pavadinti ATAs!?).

Ar šiais rezultatais galima pasitikėti? Gal ir galima, žinant, kad tie mokslininkai jau ne vienus metus tiria arseną mėgstančias bakterijas, o ir naudoti tyrimo metodai gana patikimi, tačiau būtina sulaukti nepriklausomų tyrėjų rezultatų. Tiesa, GFAJ-1 bakterijas išskyrę mokslininkai jomis dalijasi, todėl šių mikroorganizmų galima gauti, jei tik kas nori juos tirti.

Taip pat kilo daugybė diskusijų dėl DNR ir kitų molekulių, kuriose fosfatai pakeisti arsenatais, stabilumo vandeninėje terpėje, kuri ir yra ląstelėje. Paprastai arsenatai yra nestabilūs ir lengvai hidrolizuojasi (skyla vandenyje). GFAJ-1 bakterijas tyrę mokslininkai pastebėjo, kad augdamos terpėje be fosfatų (tiesą sakant, fosfatų šiek tiek buvo – tai rodė tiksli terpės sudėties analizė), bet esant arsenatų, ląstelės sintetino poli-β-hidroksibutiratą – kai kuriose bakterijose aptinkamą polimerą, kuris kaupiamas kaip anglies atsarga (panašiai kaip augalai kaupia krakmolą). Mokslininkai mano, kad jis ląstelės citoplazmai suteikia hidrofobinių savybių[17], taigi tikėtina, kad arseno junginiai tokioje aplinkoje stabilesni. Tačiau tai irgi dar reikia įrodyti.

O jeigu mokslininkai teisūs ir bakterijos gali pakeisti fosfatus arsenatais? Tai būtų išties amžiaus atradimas, įrodantis, kad mikroorganizmų tyrimai dar tik prasideda, – nors tęsiasi jie jau kelis šimtus metų. Tai liudytų, kad fiziologinė ir biocheminė Žemės mikroorganizmų įvairovė vis dar lieka nepažinta. Taigi, jauniesiems, o ir vyresniems tyrėjams tikrai dar yra ką veikti.

[16] Modifikuotos DNR koduojami baltymai.

[17] Hidrofobiškumas – medžiagos nesugebėjimas sudaryti molekulinių ryšių su vandens molekulėmis. Hidrofobinės medžiagos tirpaluose suformuoja atskirus sluoksnius ar miceles.

Literatūra

Achour-Rokbani A., Cordi A., Poupin P., Bauda P., Billard P. 2010, Characterization of the *ars* Gene Cluster from Extremely Arsenic-Resistant *Microbacterium* sp. Strain A33. *Applied and Environmental Microbiology*, 76 (3), 948–955.

Baker-Austin C., Dopson M., Wexler M. et al. 2007, Extreme arsenic resistance by the acidophilic archaeon 'Ferroplasma acidarmanus' Fer1. *Extremophiles*, 11 (3), 425–434.

Botes E., Van Heerden E., Litthauer D. 2007, Hyper-resistance to arsenic in bacteria isolated from an antimony mine in South Africa. *South African Journal of Science*, 103, 279–281.

Chen S., Shao Z. 2009, Isolation and diversity analysis of arsenite-resistant bacteria in communities enriched from deep-sea sediments of the Southwest Indian Ocean Ridge. *Extremophiles*, 13 (1), 39–48.

Green H. H. 1918, Description of a bacterium which oxidizes arsenite to arsenate and of one which reduces arsenate to arsenite isolated from a cattle-dipping tank. *South African Journal of Science*, 14, 465–467.

Hoeft S. E., Kulp T. R., Stolz J. F., Hollibaugh J. T., Oremland R. S. 2004, Dissimilatory Arsenate Reduction with Sulfide as Electron Donor: Experiments with Mono Lake Water and Isolation of Strain MLMS-1, a Chemoautotrophic Arsenate Respirer. *Applied and Environmental Microbiology*, 70 (5), 2741–2747.

Huang A., Teplitski M., Rathinasabapathi B., Ma L. 2010, Characterization of arsenic-resistant bacteria from the rhizosphere of arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata*. *Canadian Journal of Microbiology*, 56 (3), 236–246.

Ilialetdinov A. N., Abdrashitova S. A. 1981, Autotrophic arsenic oxidation by a *Pseudomonas arsenitoxidans* culture. *Mikrobiologiia*, 50 (2), 197–204.

Jackson C. R., Dugas S. L. 2003, Phylogenetic analysis of bacterial and archaeal *arsC* gene sequences suggests an ancient, common origin for arsenate reductase. *BMC Evolutionary Biology*, 3, 18.

Kadziauskas J., *Biochemijos pagrindai*, Vilniaus universitetas, 2008.

Kulp T. R., Hoeft S. E., Asao M. et al. 2008, Arsenic(III) Fuels Anoxygenic Photosynthesis in Hot Spring Biofilms from Mono Lake, California. *Science*, 321 (5891), 967–970.

Nakamiya K., Nakayama T., Ito H., Shibata Y., Morita M. 2009, Isolation and properties of a 2-chlorovinylarsonic acid-degrading microorganism. *Journal of Hazardous Materials*, 165 (1–3), 388–393.

Oremland R. S., Stolz J. F., Hollibaugh J. T. 2004, The microbial arsenic cycle in Mono Lake, California. *FEMS Microbiology Ecology*, 48 (1), 15–27.

Qin J., Lehr C. R., Yuan C. et al. 2009, Biotransformation of arsenic by a Yellowstone thermoacidophilic eukaryotic alga. *PNAS*, 106, 5213–5217.

Rhine E. D., Phelps C. D., Young L. Y. 2006, Anaerobic arsenite oxidation by novel denitrifying isolates. *Environmental Microbiology*, 8 (5), 899–908.

Santini J. M., Sly L. I., Schnagl R. D., Macy J. M. 2000, A New Chemolithoautotrophic Arsenite-Oxidizing Bacterium Isolated from a Gold Mine: Phylogenetic, Physiological, and Preliminary Biochemical Studies. *Applied and Environmental Microbiology*, 66 (1), 92–97.

Stolz J. F., Ellis D. J., Switzer Blum J. et al. 1999, *Sulfurospirillum barnesii* sp. nov. and *Sulfurospirillum arsenophilum* sp. nov., new members of the *Sulfurospirillum* clade of the epsilon Proteobacteria. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 49, 1177–1180.

Tsai S. L., Singh S., Chen W. 2009, Arsenic metabolism by microbes in nature and the impact on arsenic remediation. *Current Opinion in Biotechnology*, 20 (6), 659–667.

Wolfe-Simon F., Blum J. S., Kulp T. R. et al. 2010, A Bacterium That Can Grow by Using Arsenic Instead of Phosphorus. *Science*, DOI: 10.1126/science.1197258.

Infraraudonoji šviesa ir inertinių dujų kristalai atskleidžia molekulių paslaptis

Valdas Šablinskas, Justinas Čeponkus

Šiuolaikinis mokslas vis giliau skverbiasi į medžiagos paslaptis ir svarbu pamatyti tai, kas nematoma plika akimi... O pamatyti galima tiriant šviesos ir medžiagos sąveiką. Pirmasis elektromagnetinės spinduliuotės spektrinės sudėties svarbą suprato I. Niutonas (Newton). Jis 1666 m. eksperimentiškai įrodė, kad Saulės šviesos pluoštelį galima suskaidyti į spektro dedamąsias (spalvas).

Valdas Šablinskas, fizinių mokslų daktaras, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Bendrosios fizikos ir spektroskopijos katedros profesorius, Molekulių virpesinės spektrometrijos grupės vadovas. Pagrindinė mokslinių tyrimų kryptis – molekulinių darinių struktūros, asociacijos ir dinamikos tyrimai virpesinės spektrometrijos metodais.

Justinas Čeponkus, fizinių mokslų daktaras, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Bendrosios fizikos ir spektroskopijos katedros lektorius. Pagrindinė mokslinių tyrimų kryptis – žemos temperatūros molekulinių darinių struktūros ir dinamikos tyrimai.

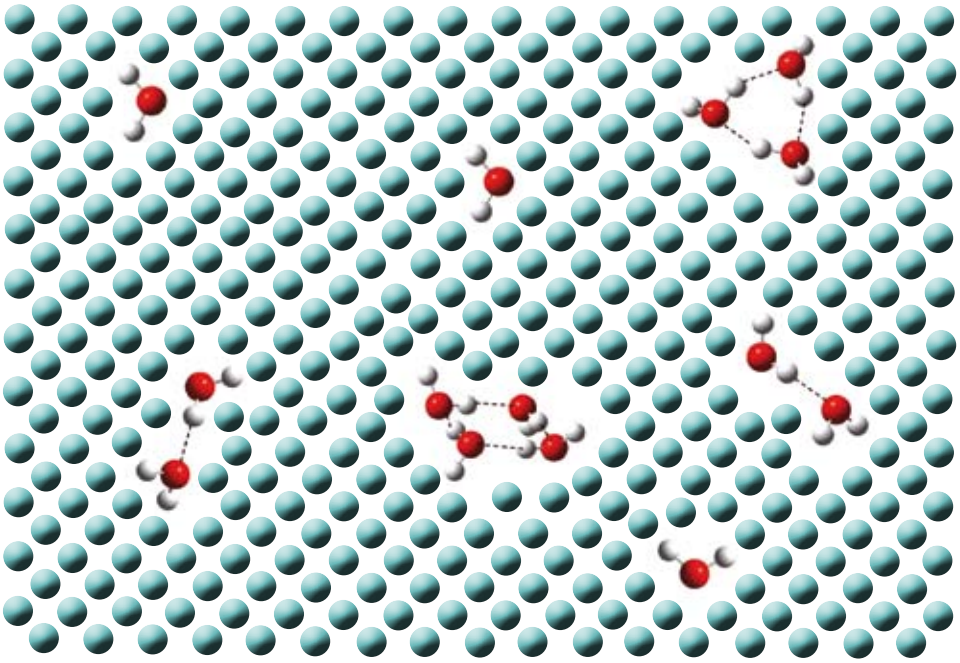
Šiuolaikiniuose spektriniuose tyrimuose naudojamas gerokai platesnis elektromagnetinių bangų ilgių intervalas negu regimosios šviesos. Jis prasideda vakuumo ultravioletu[1] ir baigiasi mikrobangomis. Apie medžiagą iš jos spektrinių tyrimų galima daug daugiau sužinoti, jei parenkamos specialios eksperimento sąlygos, kuriomis labiau išryškėja viena ar kita medžiagos savybė. Atliekant spektrinius eksperimentus reikia, kad tiriamosios medžiagos egzistavimo trukmė būtų ilgesnė už laiką, reikalingą spektrui užregistruoti, o tai gali trukti nuo sekundės dalių iki dešimčių valandų. Stebint medžiagos molekulių elgseną mokslininkams visada norisi „pažvelgti“ į atskirą, kuo labiau nuo aplinkos izoliuotą molekulę. Tai padaryti padeda labai žemoje temperatūroje užšaldytos inertinės dujos. Jose galima izoliuoti tiriamas molekules bei radikalus.

Inertinių dujų kristalai?

Tikriausiai iš pirmo žvilgsnio šio straipsnio pavadinimas atrodo keistokai – kaip galima kalbėti apie dujų kristalus? Tačiau čia nėra nieko keisto. Inertinėmis (arba tauriosiomis) dujomis chemikai vadina periodinės cheminių elementų lentelės aštuonioliktos grupės narius: helį, neoną, argoną, kriptoną, ksenoną ir radoną. Visi jie – bespalvės, bekvapės ir beskonės dujos. Inertinių dujų molekulių reaktyvumas[2] mažas, nes išorinis elektronų sluoksnis yra visiškai užpildytas. Ilgai buvo manoma, kad jos su niekuo nereaguoja, tačiau neseniai susintetinus argono, kriptono, ksenono ir radono fluoridus (Khriachtchev et al. 2000), šis

[1] Vakuumo ultravioletas – ultravioletiniai spinduliai, kurių bangos ilgis mažesnis už 200 nanometrų (pagal *McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms*; sixth edition, 2003).

[2] Gebėjimas reaguoti.



Inertinių dujų matricoje izoliuotos pavienės vandens molekulės ir jų asociatai

teiginys buvo paneigtas. Parinkus tam tikras sąlygas – žemą temperatūrą ir (ar) didelį slėgį, inertines dujas galima suskystinti arba sukietinti. Lengvesnių inertinių dujų skystėjimo ar kietėjimo temperatūra yra labai žema. Pavyzdžiui, 1 atm (101 325 Pa) slėgio helio dujos skystėja sumažinus jų temperatūrą iki 4,2 K (t. y. iki –269 °C), o argonas kietėja 84 K (–189 °C) temperatūroje.

Kas bendra tarp sukietintų inertinių dujų ir molekulių spektrometrijos?

Molekulių spektrometrijos metodais informacijos apie tiriamą bandinį gaunama analizuojant elektromagnetinių bangų sąveiką su medžiaga, iš kurios sudarytas bandinys. Ši sąveika aiškinama medžiagos molekulių kvantiniais šuoliais tarp įvairių energijos lygmenų. Kiekvieno šviesos ir medžiagos sąveiką tiriančio mokslininko svajonė – tokia molekulių sistema, kurios galimos energinės būsenos (energijos lygmenys) yra tiksliai apibrėžtos. Tokiu atveju spektro juostos, nulemtos šuolių tarp tiksliai apibrėžtų energijos lygmenų, yra siauros, viena kitos neužkloja ir spektras yra daug informatyvesnis. Deja, realių molekulinių sistemų energijos lygmenys nėra tiksliai apibrėžti dėl molekulių judėjimo ir jų tarpusavio sąveikos, o atitinkamos spektro juostos yra labiau ar mažiau išplitusios. Tarp energijos lygmenų yra molekulinės sistemos virpesių energiją nusakantys lygmenys. Iš tiesų, jei egzistuotų toks mikroskopas, pro kurį galėtume pamatyti pavienes molekules, tai pastebėtume, kad kiekvienoje molekulėje nuolat vyksta atomų virpesiai (periodiškai kinta cheminių ryšių ilgiai ir kampai tarp jų). Įvairių molekulių infraraudonosios spinduliuotės sugerties spektrai yra skirtingi. Turbūt neatsitiktinai mokslo pasaulyje molekuliniai infraraudonieji spektrai vadinami molekulių „pirštų atspaudais“ (Vaičikauskas et al. 2008).

Pabandykime įsivaizduoti, kaip pasikeis molekulių infraraudonosios sugerties spektrai, jeigu atšaldysime tiriamąjį bandinį ir gerokai susilpninsime jo molekulių tarpusavio sąveiką. Spektro juostos susiaurės ir spektrus bus daug lengviau ištirti bei paaiškinti. Tiriamųjų molekulių tarpusavio sąveiką galima dar labiau sumažinti įterpus jas į žemos temperatūros inertinių dujų kristalus (vadinamąsias kietąsias matricas) ir tada tirti beveik nesąveikaujančių molekulių spektrus. Kietosios matricos su jose izoliuotomis tiriamosiomis molekulėmis atrodo kaip pyragas su razinomis.

Matricas kuria ir gamta, ir mokslininkai

Gamtoje tokios matricos susiformuoja natūraliai. Vienas akivaizdžiausių pavyzdžių – per daugelį metų Grenlandijos ledynuose susidariusios matricos. Tai – lede izoliuotos anglies dioksido (CO_2) molekulės. Vandenyje ištirpusio CO_2 koncentracija yra nedidelė, todėl tokiam mišiniui užšalus susidaro kietoji matrica: kiekvieną CO_2 molekulę supa daug vandens molekulių ir ją visiškai izoliuoja nuo kitų CO_2 molekulių. Tokių gamtinių matricų tyrimai rodo, kaip per daugelį metų kito CO_2 koncentracija atmosferoje, o kartu ir Žemės klimatas.

Kaip pasigaminti inertinių dujų matricą laboratorijoje? Reikia šaldytuvo, kur būtų galima atšaldyti dujas iki žemesnės negu jų lydymosi temperatūros. Pavyzdžiui, dirbant su argono (Ar) matricomis, matricinį bandinį reikia atšaldyti iki 20 K (–253 °C). Pats mišinys matriciniam bandiniui ruošiamas specialiose vakuuminėse sistemose. Tiriamoji medžiaga išgarinama ir reikiamu santykiu (maždaug 1:1000) sumaišoma su inertinėmis dujomis. Vėliau šis dujinis mišinys vamzdeliais nukreipiamas į atšaldytą pagrindą (vadinamą optiniu langeliu), pagamintą iš infraraudonąją spinduliuotę praleidžiančios medžiagos (dažniausiai iš druskų joninių kristalų – NaCl, KBr, CsJ).

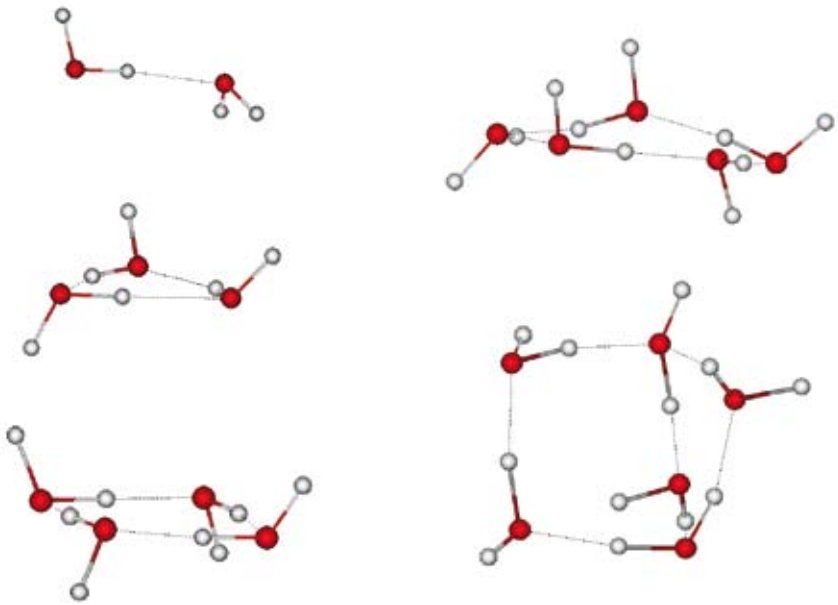
Matricinės izoliacijos metodo istorija ir dabartis

Pirmasis matricinės izoliacijos metodo taikymo naudą ir pranašumus pastebėjo JAV mokslininkas Dž. K. Pimentelis (G. C. Pimentel) su bendradarbiais – geniali idėja išdėstyta vos pusės puslapio straipsnyje (Whittle et al. 1954).

Medžiagų, izoliuotų inertinių dujų kietosiose matricose, infraraudonosios sugerties spektrai yra daug informatyvesni negu neizoliuotų. Daugeliui šiuolaikinių mokslo krypčių reikalingos žinios apie nestabilius molekulinius darinius – tarpinius cheminių reakcijų produktus, radikalus ir pan. Štai tokiose situacijose žemos temperatūros inertinių dujų matricos tyrėjams būtinos. Pasirodo, kad dauguma molekulinių darinių, nestabilių įprastinėmis sąlygomis, tampa gerokai stabilesni kietosiose inertinių dujų matricose, nes žemoje temperatūroje tarpmolekulinė sąveika kur kas silpnesnė. Tyrėjo užduotis – suspėti tokį nestabilų molekulinį darinį įterpti į matricą prieš jam suskylant. Tai daroma įvairiais metodais. Įvairūs radikalai izoliuojami matricoje juos pradžioje sukūrus elektros išlydžiu dujose. Kai dujų slėgis mažas ($p < 0{,}001$ atm), išlydis išplinta po visą dujų užimamą tūrį, taigi vyksta ir prie pat bandinių paruošimo įrenginyje esančio purkštuvo, per kurį radikalų srautas nukreipiamas į atšaldytą optinį langelį. Purkštuve radikalai nespėja suskilti, pasiekia atšaldytą pagrindą ir ten susidaro kietoji matrica.

Nestabilius molekulinius darinius izoliuoti matricoje galima ir kitaip – tiesiog ten juos suformuoti. Naudojantis būtent šiuo metodu sintetinamos molekulės, kurių sudėtyje yra inertinių dujų atomų. Žemos temperatūros inertinių dujų matricose neseniai buvo susintetintos HXeF, HXeOH, HXeCCH molekulės, kurios klasikinės chemijos požiūriu neturėtų egzistuoti (Khriachtchev et al. 2000). Molekulių, turinčių inertinių dujų atomų, sintezė yra sudėtingas daugiapakopis procesas. Pirmiausia matricoje izoliuotos molekulės ultravioletine spinduliuote suskaidomos į atomus ir jonus (fotodisociacija). Toliau švitinant bandinį ultravioletine spinduliuote krūvininkai nuo jos poveikio persiskirsto ir susidaro nauji molekuliniai dariniai. Infraraudonosios spektrometrijos tyrimais nustatyta, kad kietosios būsenos triatomiai molekuliniai jonai XHX^+ (čia H – vandenilio, o X – argono, kriptono ar ksenono atomai) bei panašios sandaros halogenų atomų turintys jonai YHY^- (Y – Cl, Br ir kitų halogenų atomai) veikia kaip krūvio gaudyklės. Iš tokių joną gali susidaryti neutralios molekulės, kuriose atomai yra išsidėstę tokia tvarka: HXY (X – inertinių dujų atomas), pavyzdžiui, molekulė HArF. Taip susintetintos molekulės gali egzistuoti ir be inertinių dujų matricos – ji išgarinama bandinį pakaitinus iki matricinės terpės lydymosi temperatūros. Daugiausia susintetinta molekulių, kurių sudėtyje yra ksenono. Jau susintetinta molekulių ir su kriptono, argono atomais. Teoriniai skaičiavimai numato ir molekulių su neono bei helio atomais sudarymo galimybę, tačiau kol kas tokie dariniai pašalinus matricinę terpę suyra.

Nors matricinės terpės sąveika su joje izoliuotomis tiriamosiomis molekulėmis yra silpna, ji atsispindi infraraudonosios spinduliuotės sugerties spektruose. O dėl matricoje izoliuotų molekulių skirtingos erdvinės orientacijos spektro juostos gali papildomai išplisti arba net susiskaidyti. O dėl matricinės gardelės įtakos tiriamų molekulių spektro juostos pasislenka atitinkamų spektro juostų, užregistruotų, kai tos molekulės buvo dujinės būsenos, atžvilgiu. Net ir labai silpna sąveika tarp inertinių dujų matricos ir joje izoliuotų molekulių (ar molekulių kompleksų) joms neleidžia suktis. Tai skatina ieškoti tokios terpės, kurioje izoliuotos molekulės būsena būtų kuo artimesnė jos būsenai vakuume. Viena tokių terpių yra paravandenilio kristalai. Mažos, silpnai su aplinka sąveikaujančios paravandenilio molekulės labai menkai veikia tiriamąsias molekules. Paravandenilio matrica ruošiama labai žemoje temperatūroje – paruošimo įrenginio opti-



Matricinės izoliacijos spektriniais eksperimentais nustatytos vandens kompleksų struktūros: nuo dimero (dvi molekulės) iki heksamero (šešios molekulės)

Plačiau apie unikalias vandens savybes:
www.btinternet.com/~martin.chaplin/anmlies.html

Plačiau apie moderniosios spektroskopijos metodus:
Hollas J. M., Modern Spectroscopy, Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

nio langelio temperatūra turi būti ne aukštesnė kaip 3,5 K, o ruošiant neono matricas pakanka apie 5 K, argono – 10–20 K. Bandinys iki tokios temperatūros atšaldomas skystuoju heliu, kurio garai nusiurbiami siekiant sumažinti slėgį virš skysčio paviršiaus, taigi sumažėja ir helio virimo temperatūra. Pagrindinis paravandenilio taikymo matricinės izoliacijos eksperimentuose trūkumas yra sudėtinga ir brangi eksperimento technika.

Matriciniai tyrimai Lietuvoje

Sunku būtų pervertinti vandens įtaką gyvybei Žemėje. Daugumą vandens savybių galima paaiškinti vandenilinio ryšio susidarymu tarp vandens molekulių. Vandens molekulei būdingas nesimetriškas krūvio pasiskirstymas, jos struktūra leidžia sudaryti iki keturių vandenilinių ryšių su gretimomis vandens molekulėmis. Todėl kondensuotosios būsenos vandens molekulės formuoja sudėtingus vandenilinio ryšio tinklus. Tinklų dydis ir struktūra labai priklauso nuo aplinkos sąlygų (temperatūros, slėgio ir įvairių priemaišų, esančių vandenyje).

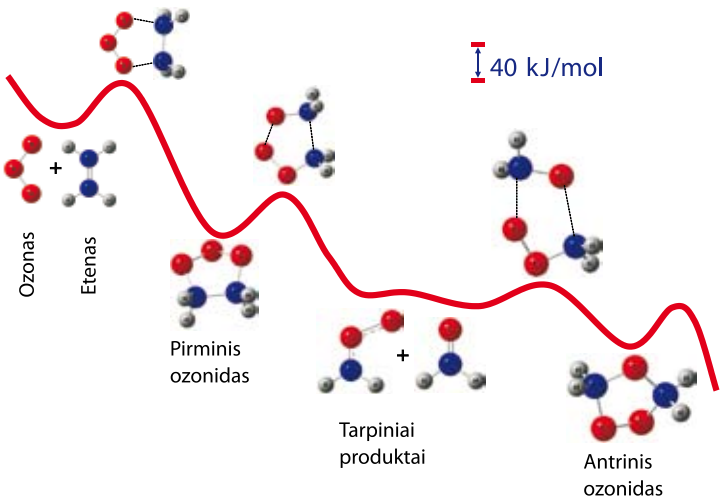
Šiuolaikiniai vandenilinio ryšio tyrimai plėtojami dviem kryptimis. Pirmoji – skystosios bei kristalinės būsenos vandens didelių vandenilinio ryšio tinklų tyrimas, antroji – iš kelių vandens molekulių sudarytų kompleksų tyrimas. Pastarųjų tyrimų tikslas – išsiaiškinti, kaip sąveikauja atskiros molekulės dviejų–keturių ir dar didesnio skaičiaus molekulių kompleksuose (asociatuose[3]). Tokiems tyrimams labai praverčia ir efektyviai naudojamas matricinės izoliacijos metodas. Parinkus didelį inertinių dujų ir vandens garų santykį (1000 inertinių dujų molekulių ir viena vandens molekulė) galima paruošti bandinį, kuriame bus gerai viena nuo kitos izoliuotos vandens molekulės. Padidinus vandens molekulių koncentraciją galima paruošti bandinį, kuriame vyrauja dimerai[4]. Dar padidinus koncentraciją susidarys trijų, keturių ir dar didesni vandeniliniu ryšiu susijungusių molekulių asociatai.

Inertinių dujų matricoje bei paravandenilio kristaluose izoliuotų vandens molekulių tyrimus atliekame bendradarbiaudami su Švedijos Lundo universiteto (*Lunds universitet*) mokslininkais. Nustatėme nedidelių vandens molekulių asociatų erdvinius parametrus. Įdomu tai, kad vandens molekulės į mažus asociatus (iš 2–5 molekulių) jungiasi vandeniliniais ryšiais sudarydamos žiedą (ciklą), tačiau didesnių asociatų struktūra yra šakota. Iš šešių (ir daugiau) vandens molekulių sudaryti asociatai gali būti skirtingos erdvinės konfigūracijos (erdviniai izomerai), bet labai artimos energijos. Net ir mažiausiuose vandens molekulių asociatuose atomai nuolat keičiasi vietomis. Pavyzdžiui, vandens dimere galimi trys tokie apsikeitimai. Kuo didesnė sistema, tuo įvairesni tie apsikeitimai. Kol kas tik dimeruose ir trimeruose vykstantys procesai jau iš dalies suprasti ir paaiškinti (Čeponkus et al. 2005), todėl panašūs tyrimai toliau plėtojami mūsų ir kitose pasaulio laboratorijose. Vandenilinio ryšio tyrimai padeda sup-

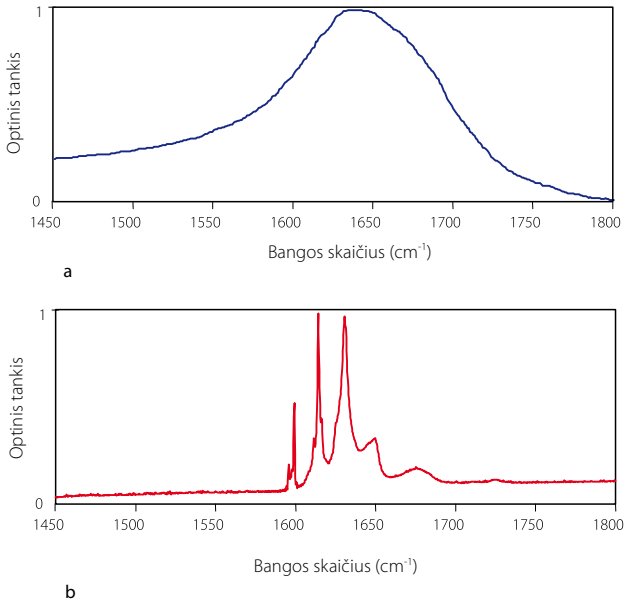
[3] Molekulių susijungimo silpnaisiais ryšiais produktas.

[4] Dviejų tokių pat molekulių susijungimo produktas.

Alkenų ir ozono reakcijų, vykstančių troposferoje, supaprastintas modelis



Vilniaus universiteto Bendrosios fizikos ir spektroskopijos katedros magistrantės ruošia matricinius bandinius



Kristalinio būvio vandens (a) ir neono matricoje izoliuoto vandens (b) infraraudonosios spinduliuotės sugerties spektro juostos, nulemtos HOH deformacinių virpesių (bangos skaičius yra atvirkščiai proporcingas bangos ilgiui)

Visos iliustracijos autorių

rasti ir paaiškinti ne tik vandens savybes. Tokie ryšiai egzistuoja ir sudėtingose biologinėse molekulėse. Jie turi įtakos šių molekulių erdvinei struktūrai bei įvairiems dinaminiams procesams jose.

Svarbi tyrimų kryptis – cheminės reakcijos atmosferoje. Pastaruoju metu pradėta ieškoti būdų, kaip sumažinti pramonės keliamos taršos padarinius. Didžioji dalis teršalų yra išmetama į atmosferą, todėl būtina tirti joje vykstančius procesus. Daug (60–140 mln. tonų per metus) nesočiųjų angliavandenilių (alkenų) į troposferą patenka dėl augalų vegetacijos, bet dar daugiau (1150 mln. tonų per metus) – dėl žmonių ūkinės veiklos. Ozonas yra stiprus troposferoje vykstančių cheminių reakcijų oksidatorius. Vykstant ozono ir angliavandenilių reakcijoms susidaro įvairūs teršalai: peroksidų radikalai, hidroksiradikalai, dioliai, karboksirūgštys ir dikarboksirūgštys, hidroksiketonai, ketokarboksirūgštys. Alkenų ir ozono reakcija yra labai sparti, daugiapakopė, egzoterminė, o jos eiga priklauso nuo reakcijos sąlygų.

Tokių reakcijų eigą, jas vykdant žemos temperatūros matricose, galima sulėtinti daug kartų ir spektrometrijos metodais tirti jų produktus, kurie normaliomis sąlygomis egzistuoja tik sekundės dalis. Atliekant matricinės izoliacijos eksperimentus buvo stabilizuoti labai trumpai gyvuojantys ozono ir alkenų reakcijos produktai. Infraraudonosios spektrometrijos metodais nustatyta jų cheminė sudėtis ir erdvinė sandara (Barisevičiūtė et al. 2007). Tokie tyrimai padeda paaiškinti Žemės atmosferoje vykstančius procesus. Pavyzdžiui, paaiškėjo, kad dalis galutinių ozono ir alkenų reakcijos produktų yra įvairios rūgštys, įeinančios į rūgščiųjų lietų sudėtį.

Spektrinių eksperimentų ateitis priklauso nuo jūsų!

Matricinės izoliacijos metodas yra labai informatyvus ir santykinai nebrangus. Jį derinant su infraraudonąja spektrometrija atsiveria daug galimybių įvairiems molekulių dariniams, jonams ir radikalams tirti. Vilniaus universiteto Bendrosios fizikos ir spektroskopijos katedros Infraraudonosios spektrometrijos laboratorija pastaraisiais metais iš esmės atnaujinta. Turima aparatūra niekuo nenusileidžia kituose Europos mokslo centruose esančių laboratorijų įrangai. Ja galima būtų atlikti daug daugiau darbų, bet trūksta kvalifikuotų žmonių, galinčių sėkmingai planuoti ir atlikti sudėtingus spektrinius eksperimentus. Todėl katedroje visada laukiami energingi žmonės, trokštantys geriau pažinti aplinką, siekiantys suprasti, iš ko sudarytos mus supančios medžiagos ir kokios savybės joms būdingos.

Literatūra

Barisevičiūtė R., Čeponkus J., Šablinskas V. 2007, Matrix isolation FTIR spectroscopical study of ethene secondary ozonide. *Central European Journal of Chemistry*, 5, 71.

Čeponkus J., Karlström G., Nelander B. 2005, Intermolecular Vibrations of the Water Trimer, a Matrix Isolation Study. *Journal of Chemical Physics*, 109, 7859.

Khriachtchev L., Pettersson M., Runeberg N., Lundell J., Räsänen M. 2000, A stable argon compound. *Nature*, 406, 874.

Vaičikauskas V., Babonas G. J., Kuprionis Z., Niaura G., Šablinskas V., *Paviršiaus optinė spektrometrija*, Vilnius: TEV, 2008.

Whittle E., Dows D. A., Pimentel G. C. 1954, Matrix isolation Method for the experimental study of unstable species. *Journal of Chemical Physics*, 22, 1943.

Cycles of Solar Activity

Asta Lučiūnaitė
Lithuanian Youth Information and Technical Creativity Centre, 2010

ABSTRACT

Analysis of integral power of solar activity cycles based on sunspot data of ~300 years time-span has showed that there is a gradual variation of activity on the timescale of ~50 years (~4–6 cycles). This coincides with the timescale of recently discovered meridional flows in the Sun's convective zone. The study suggests that analysis, which is based on the integral activity power of previous cycles, could predict solar activity of the forthcoming cycle more accurately, than the one which is based on the commonly used maximum activity amplitude of previous cycles.

Results show that the solar activity of the forthcoming solar cycle predicted this way is significantly higher than that provided by NASA. This suggests that preparations should be made before the harmful solar flares become more frequent when the cycle reaches its maximum in 2013, e.g. precautions should be taken when planning satellite launches.

SANTRAUKA

Saulės aktyvumas nuolat kinta ir tai gali turėti įtakos gyvenimui Žemėje, pavyzdžiui, reiškiniai Saulėje gali paveikti palydovinį ryšį, navigaciją ir elektros tiekimą. Tiksliai prognozuoti Saulės aktyvumą tampa vis svarbiau, nes reikia žinoti, kada įvyks stiprus saulės žybsnis, galintis sutrikdyti Žemės magnetinį lauką. Šiame darbe išnagrinėtas Saulės aktyvumo kitimas per pastaruosius ~300 metų. Integruojant Saulės aktyvumo rodiklį (Volfo skaičių) nustatyta, kad Saulės aktyvumas laipsniškai kinta ~50 metų (4–6 ciklų) periodu. Įdomu, kad šis rezultatas sutampa su neseniai atrastų plazmos srautų, judančių Saulės paviršiuje iš pusiaujo į polius ir grįžtančių atgal gilesniais, konvekcinės zonos, sluoksniais, judėjimo trukme. Šis tyrimas rodo, kad Saulės aktyvumą galima būtų prognozuoti remiantis ankstesnių Saulės ciklų aktyvumo integralų analize. Tai galbūt geresnis metodas, negu dabar dažnai naudojama ciklo aktyvumo prognozė, grindžiama ankstesnių ciklų amplitudžių analize. Prognozuojant šiuo metodu matyti, kad neseniai prasidėjusio 24-ojo ciklo aktyvumas turėtų būti gerokai didesnis, nei pateikiamas NASA. Taigi reiktų į tai atsižvelgti ruošiantis dažnesnėms žalingoms Saulės audroms per ciklo aktyvumo maksimumą, kuris bus apie 2013 metus, pavyzdžiui, planuojant palydovų skrydžius.

INTRODUCTION

Solar activity varies with an approximately 11-year cycle and affects our life in many ways. Nowadays we are dependent on diverse communication, information technologies, electrical power grids, etc. During the active periods, flow of charged particles emitted from solar flare can reach the Earth potentially affecting power grids, critical military and airline communications, satellites, Global Positioning System signals, and even threaten astronauts with harmful radiation. Furthermore, ultraviolet radiation and X-ray emission from the Sun become significantly enhanced during the active periods consequently heating the Earth's upper atmosphere, which puffs-up and increases drag on low-orbit satellites shortening their on-orbit lifetime. It is just a question of time when the next large solar flare "strikes" the Earth. We will inevitably become affected by solar weather in the future, therefore we face the necessity to predict it now.

Although it is accepted that solar magnetism is responsible for the 11-year activity cycle, it is curious to question its duration stability: has it started with the birth of the Sun, how long will it last, and are there any other cycles of longer timescale we are unaware of yet? Our knowledge is limited to a very short systematic observational glimpse, which is based on sunspot records covering only ~300 years and only ~30 years of observations from space, as compared with the Sun's total 4.5 billion years lifetime. Therefore, any information retrieved from the historical sunspot data is very valuable and must be explained by theoretical solar models, if accurate predictions of solar activity and space weather are desired.

AIMS AND OBJECTIVES

There are many research groups that are working in the field of solar physics. The results of solar activity studies are summarized in [1, 2]. Specifically, the solar activity data, based on systematic sunspot observations which are made since 1750, have been analysed using various techniques in order to find the key parameters (e.g. length of cycle and its amplitude) of preceding solar cycles which could be used for the prediction of the next solar cycle [2]. However, the scatter of cycle activity predictions based on various models is rather wide and physics-based models do not work well. The "Cycle 24 Prediction Panel" can predict how active the next solar cycle will be only after the first two years of the new cycle have passed [3].

Therefore, the aim of this work is to take a new look at the long time-span data of solar activity indicators – sunspot numbers, sunspot areas and solar flare index – and search for a long timescale activity variations of the whole solar disk and its hemispheres. Results of the study could be incorporated into the solar activity models. The main objective is to predict the solar activity of cycle 24, which has just begun.

DATA

Sunspot number. Sunspots are generated by magnetic field at the upper layer of the solar atmosphere. Magnetic field disturbs convection and locally inhibits rise of plasma from below. Since sunspots are cooler and, therefore, are darker than their surroundings, they can be easily identified

on the solar disk even with a small telescope and serve as a good indicator of the solar magnetic activity [2].

Variation of the observed number of sunspots on the solar disc was first associated with the periodic variation of solar activity by Horrebow in 1776, leading to Schwabe's discovery of solar cycle in 1844. The systematic solar observations were started by Wolf in 1849 and are performed daily. Due to their long time-span sunspots serve as a key indicator of solar activity.

In this work the daily International Sunspot Number (SSN, also known as Wolf number) since 1818 was used as an indicator of solar activity. The data were taken from Solar Influences Data Analysis Centre (SIDC) [4]. The Sunspot Number is computed using a formula devised by Wolf:

$$SSN = k\,(10g + s), \qquad (1)$$

where g is the number of sunspot groups on solar disk, s is the total number of individual spots in all of the groups, and k is a variable scaling factor (usually < 1) which accounts for observing conditions and the type of telescope (binoculars, space telescopes, etc.). The SSN value is obtained combining observational results from several major observatories with individual k factor. The daily International Sunspot Number is shown in Fig. 1.

The number of missing SNN values is ~3200, which constitute ~30 % of all daily measurements in the time-span from 1818 to 1849. From 1849 to 2010 daily SSN is available. Although the total amount of missing measurements is considerable, there are no more than four subsequently missing daily SSN values in this data set. Linear interpolation was performed to substitute the unknown values. Moreover, interpolated SSN were compared to their monthly average values provided in SIDC, showing small discrepancy of only 0.1 %.

cycles of similar activity were used to perform the validity test and the discrepancy not larger than ~0.4 % was found. Therefore, when integral SSN values are being analysed the interpolation procedure can be used to restore missing SSN values for observations earlier than 1849. Additionally, monthly averages of the SSN from SIDC [4] are available since 1750 and were used for analysis of a longer time-span.

Solar cycles. The start time of solar cycles was obtained from [5]. This source does not provide the start of cycle 24, therefore it was taken from [6]. The latter is based on the measurement of solar magnetic field reversal and emergence of high-latitude sunspot, which occurred on January 2008.

It is difficult to define the start of solar cycle (i.e., minima of cycle) for historical data because measurements of magnetic field of the Sun were unavailable at that time. Determination of cycle's minimum depends upon the SSN smoothing method, which is generally a 13-month mean or 24-month Gaussian [2], therefore the start of solar cycle can be undefined for up to 10 months. However, the start of each cycle taken from [5] and used in this work was determined consistently and systematic errors are not expected to be high.

Sunspot areas. Sunspot area is considered to be a more representative indicator of solar activity than sunspot number. Sunspots appear on the solar disk individually or in groups, which are identified by assigned numbers. The areas of individual sunspot groups in units of millionths of Sun's visible hemisphere, corrected for apparent distortion due to the curvature of the solar surface, were taken from [7]. This data is based on Greenwich observatory

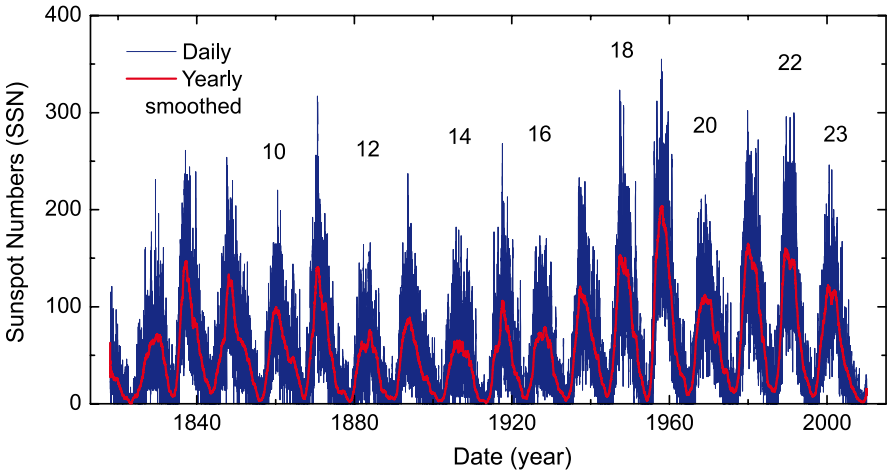


Figure 1. The daily International Sunspot Numbers from 1818 year (blue), smoothed with one year resolution (red) to illustrate that solar cycles (numbers indicated) vary in shape, amplitude and duration.

The following procedure was used to test the validity of interpolation: 1) SSN values were taken from 1913 to 1944, where all ~11 300 daily measurements are given; 2) ~30 % of values were randomly eliminated artificially simulating that the measurements were not available at random moments of time; 3) then SSN gaps were interpolated using the same procedure as for the real missing data; 4) the sum of original and the sum of interpolated SSN values were compared.

The discrepancy was only ~0.1 %. The same procedure was repeated for a single (17th) solar cycle, giving the same discrepancy of ~0.1 %. There are three early solar cycles – 7th, 8th, and 9th – that are missing ~22 %, ~38 %, ~13 % of SSN values, respectively. Solar

daily photographic images of the Sun which are available since 1874.

SSN values available since 1818 indicate activity of the whole solar disk. Individual sunspot data will allow us to study the variation of activity in solar northern and southern hemispheres. To test if SSN can be replaced with sunspot areas, we have compared the monthly smoothed SSN values to the monthly smoothed total sunspot areas of the whole solar disk.

The distribution displayed in Fig. 2a shows a high correlation, except for a dozen of outliers above distribution attributed to the extremely active solar cycle 19. Therefore, both SSN and sunspot areas can be used interchangeably.

Solar flare index shows the activity of solar flares (short-lived sudden increase in the intensity of emitted radiation) that can have a direct impact on the Earth, although not all of them are aimed at the Earth and therefore dangerous. It measures the total energy emitted by the flare and is computed daily as a product of the flare's relative importance and its duration. The daily solar flare index is available since 1966 and was obtained from The National Geophysical Data Center [8]. Its apparent correlation with sunspot areas is displayed in Fig. 2b.

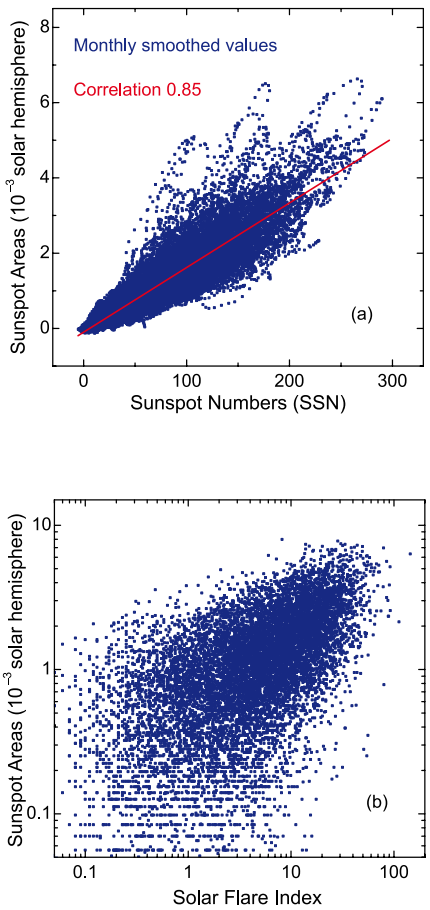


Figure 2. Monthly smoothed sunspot areas vs. SSN from 1874 to 2010 are well correlated (a); sunspot areas vs. solar flare index since 1966 show larger scatter in apparent correlation (b).

In order to predict solar activity, it is important to know the character of its variation. Therefore, the characteristics of solar cycles were examined using the indices of solar activity referred above – sunspot numbers, sunspot areas and solar flare index, to find consistent pattern of solar activity variation.

ANALYSIS AND DISCUSSION

Analysis of the sunspot number. The daily SSN values are highly variable through the cycle (Fig. 1) and are affected by "noise" arising due to the fact that we observe only half of the solar sphere, which has a rotation period of ~27 days. The SSN value filtering and smoothing (e.g. Gaussian) techniques have been widely used to analyse properties of activity cycles in various studies [1, 2].

Here we took a slightly different approach – we have numerically integrated SSN data since 1750 as a function of time shown in Fig. 3a and fitted a straight line to it. The hypothesis is: if there is no long-term solar activity variation, then SSN integral should follow its average value. To test that, the average value was subtracted from the SSN integral and its residual variation is displayed in Fig. 3b. The short timescale wavy pattern is a result of the 11-year solar cycle. However, the long term rise and descent of solar activity on the timescale of ~50 years (~4–6 solar cycles) is clearly visible at the level of ~10 %.

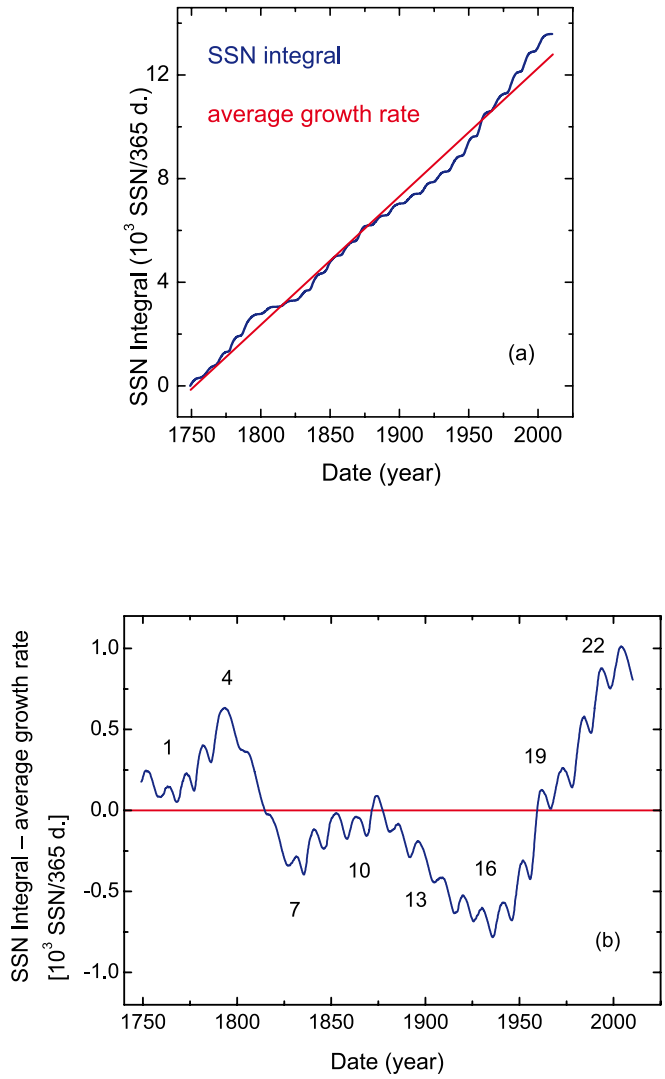


Figure 3. SSN integral as a function of time and its average growth rate (a); residual variation of the SSN integral (b); solar cycle numbers are indicated.

To test the character of solar activity variation determined from SSN, we have analysed individual solar cycles from 7th to 23rd using the same integration method. The definition of the start of each cycle was discussed earlier. The individual SSN integrals of cycles are shown in Fig. 4a as a function of time. It can be noticed that solar cycles are arranged in pairs in such a way, that the maximum value of the integral of even cycle is usually lower than of the following odd cycle.

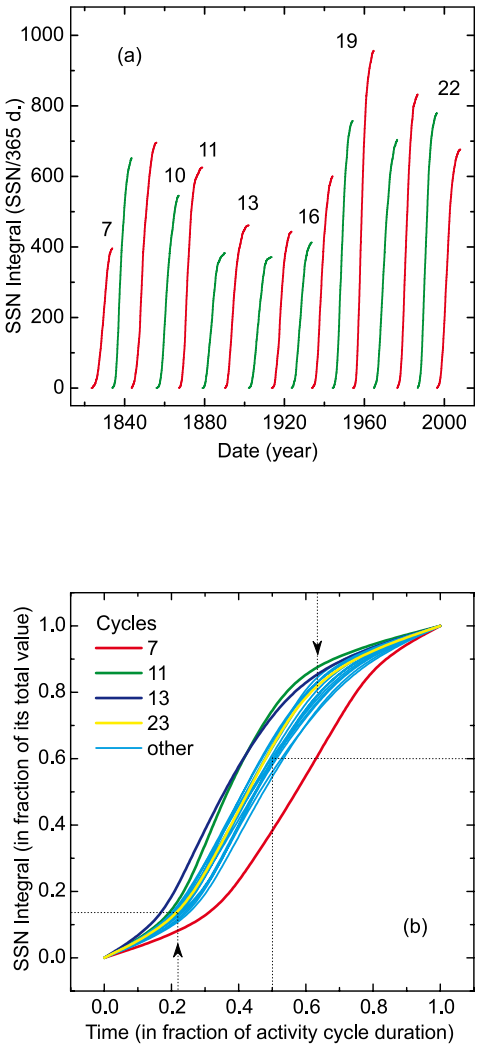


Figure 4. SSN integrals vs. time of each cycle (a) and SSN integral of each cycle normalised to its total value vs. time in fraction of cycle duration (b).

This is referred to as the "even-odd" effect [2], and attributed to the ~22 years long cycle of Sun's magnetic field. The exceptions are: the pair of cycles 4 and 5, which could be attributed to the lower accuracy of observations, and the pair of cycles 22 and 23. It is rather difficult to explain low activity of the cycle 23. This can suggest that the overall activities of solar cycles have been decreasing during the last three solar cycles.

The SSN integrals shown in Fig. 4a enable us to study accumulated SSN value through solar cycle as a function of time, because they are less affected by "noisy" nature of SSN which can be seen in Fig. 1. For this purpose the SSN integral of each cycle was matched to others by normalizing its total value and cycle duration time to unity. The results are displayed in Fig. 4b.

It shows that the increase rate of solar activity of each cycle (i.e. growth rate of integral) of cycles 7, 11, 13 is highly distinguished, while other cycles are clustered closely and have a vertical scatter of ~10 %. There are no evident discrepancies between odd and even cycles, except those three (7, 11, 13), clearly deviating from the overall trend.

Three phases of solar activity cycle can be distinguished in Fig. 4b: 1) the beginning of the cycle when SSN slowly increases up to ~10 % of its total integral value and which lasts ~20 % of total cycle duration; 2) the active phase of the cycle, when SSN almost linearly increases up to ~80 % of total value ant that happens ~3 times faster than at the beginning phase; the active phase lasts up to ~60 % of total cycle duration, and 3) the end of the cycle, where the SSN growth rate is slightly lower than at the beginning of the cycle.

The asymmetry of cycles can be easily noticed – in half-time of its total duration a cycle reaches ~60 % of its total integrated index of the solar activity.

Interestingly, cycles 7, 11, and 13 stand out at the moment when the cycle integral obtains ~5 % its value. In contrast to all analysed cycles, integral curve of the cycle 7 is rising slower at the beginning and faster at the end. Since it is the oldest cycle in the dataset of daily SSN values, it is possible to expect some inconsistencies in observational data.

However, referring to our test on the interpolated missing SSN values, we do not expect discrepancies higher than 1 %. Therefore peculiarities of cycles 7, 11, and 13 remain unsolved.

Also, we have indicated that cycle 23 (Fig. 4b), which broke the "even-odd" rule (Fig. 4a), does not show any unusual activity variation. We can conclude that solar activity analysis based on SSN data alone cannot explain the "even-odd" rule [2] and additional information is necessary.

Analysis of sunspot areas. More information can be gained analysing the solar activity in its northern and southern hemispheres. For this purpose the sunspots areas vs. time were numerically integrated. The peaks of sunspot area integral curves of northern and southern hemisphere vs. time are shown in Fig. 5 for each cycle. Comparing this figure to Fig. 4a it can be noticed that the overall solar activity was higher when the northern hemisphere had a larger total area of sunspots than the southern hemisphere.

An important feature of solar activity is the fact that sunspots during the end of the Maunder minimum (1645–1715) [1] were only observed in the southern solar hemisphere. This suggests that since there are more sunspots in the southern solar hemisphere than in the northern during the recent three solar cycles, the decreasing trend of solar activity which continues from cycle 21 to cycle 23 could (Fig. 5) be extrapolated to proceed to the forthcoming cycle 24.

We note that the "even-odd" rule [2] is also observed in individual solar hemispheres and cycle 23 is an exception too, being unusually lower than the cycle 22.

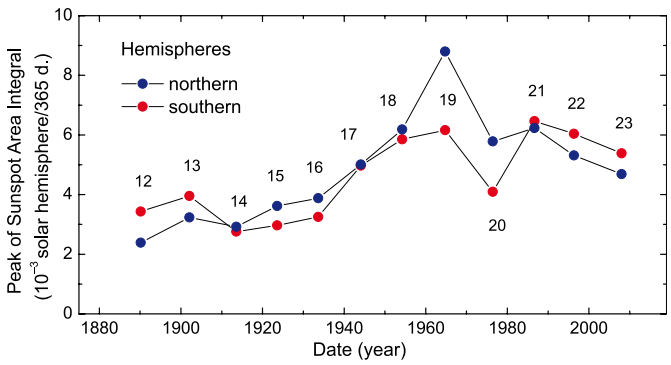


Figure 5. Integral of sunspot area vs. time in northern (blue) and southern (red) solar hemispheres.

Analysis of solar flares. Comparison of the daily solar activity in each hemisphere showed significant asymmetries in distribution of the solar flare index. It is evident from Fig. 6a and Fig. 6b that both sunspot areas and solar flare index between separate hemispheres do not correlate.

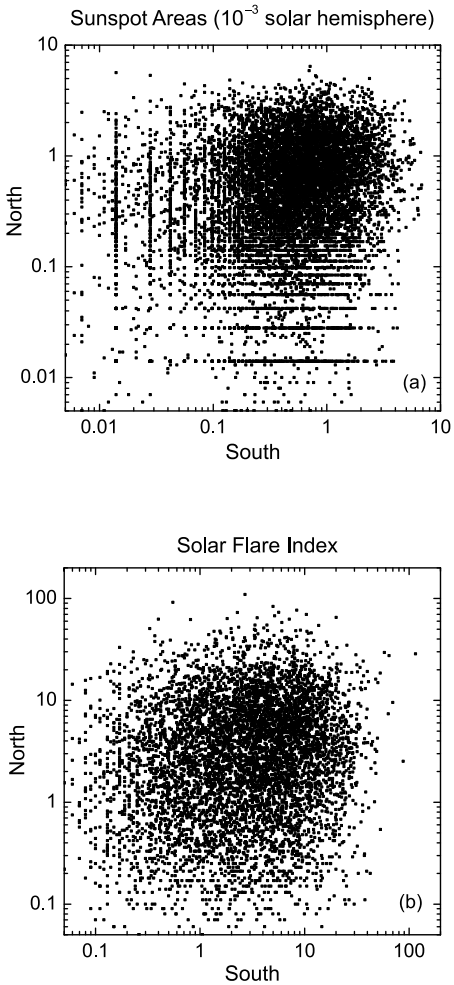


Figure 6. Daily values of sunspot areas of northern hemisphere vs. southern hemisphere (a); daily solar flare index of northern hemisphere vs. southern hemisphere (b); no apparent correlation in both distributions can be seen.

Therefore, we can conclude that on short timescale magnetic activity in solar hemispheres is independent. The sums of daily values of sunspot area vs. the sum of solar flare index of the solar disk (per month from 1966 to 2008) are shown in Fig. 7. It can be noticed that the most energetic solar flares occurred at the same time when there were large sunspots on the solar disk.

Probability for the dangerous solar flare to occur is the highest when the Sun is close to the maximum of solar cycle and remains on the similar level for ~5 years. Some extremely powerful flares appear when large and even medium-sized sunspots cover solar disk. This suggests that the very energetic solar flares could also be expected in the cycle 24.

Although flares appear to be of a random nature and not all of them are dangerous to the Earth, precautions should be taken during every period of solar maximum.

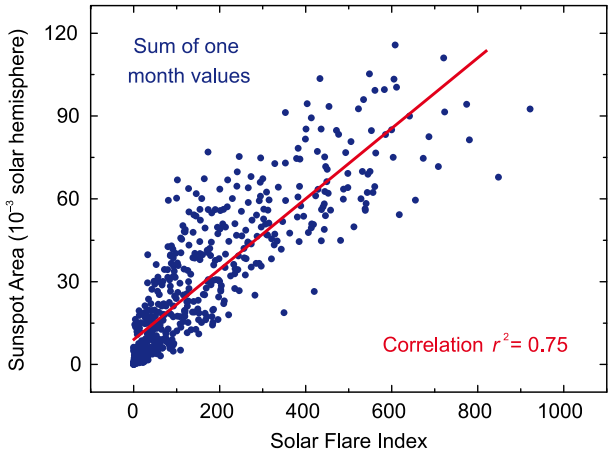


Figure 7. Sum of daily values of sunspot area vs. sum of solar flare index (per month from 1966 to 2008).

Cycle 24 prediction. The prediction of the present solar cycle 24, which began on January 2008 [6] and is expected to reach its maximum in 2013, is of a great importance. Firstly, the level of activity has direct implications on on-orbit lifetime of the low-orbit satellites, which experience higher atmospheric drag, on protection of astronauts from radiation, and on possible power grid failures due to solar flares. Secondly, it will allow testing of the reliability of the prediction method used by "Cycle 24 Prediction Panel", which cannot arrive to a definite conclusion on how active next solar cycle will be until the first two years of the cycle have passed [3].

For this purpose we have investigated the peaks of sunspot number integral curves shown vs. time in Fig 8. Dotted lines indicate apparent trends of long-term solar activity variation, showing rise and fall of SSN integral curve over timescales of ~50 years (i.e. ~4–6 cycles) and changing its value more than 3 times from the lowest to the highest point. It takes longer for the solar activity to decrease (~4–6 cycles) than to increase (~3 cycles).

It is important to notice that the timescale of recently discovered meridional flows in the Sun's convective zone [9] have estimated cycle period of ~40 years. This could suggest that solar magnetic activity is closely linked to the large-scale conveyor belt mechanism. Therefore, solar models trying to explain its 11-year activity cycle could also try to account for this long timescale variations.

Cycles 9 and 19 appear to be peculiar and have extremely high SSN integral (Fig. 8). Furthermore, cycle 20 can be assumed to be peculiar because it has a lower value than it would be expected from the downward trend from cycle 19 to 23. However, generally consistent and non-chaotic behaviour of the solar cycles is obvious. The rising slope from cycle 6 to cycle 9 is similar to the rising slope from cycle 14 to cycle 19, and similarly, the declining slope from cycles 9 to 14 is similar to the declining slope from cycles 19 to 23.

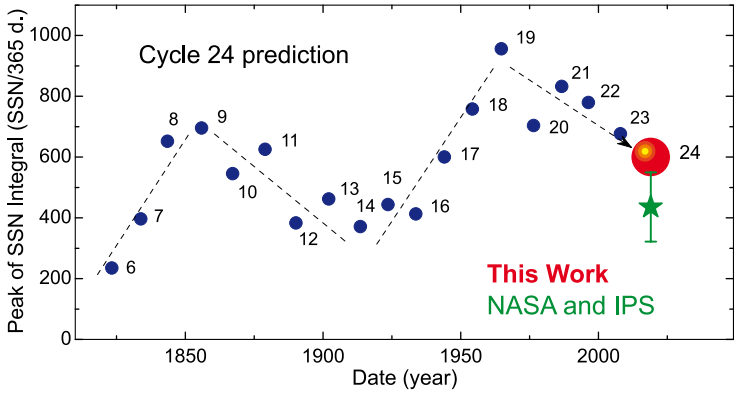


Figure 8. Peaks of cycle SSN integral curves are shown vs. time (blue dots) with some cycle numbers indicated. Dotted lines show apparent trends of long-term solar activity variation. Prediction of cycle 24 proposed in this work is indicated by red dot; predictions by NASA and IPS are indicated by green star with an error bar.

With reference to what was mentioned above, it is reasonable to assume that the activity of cycle 24 will be lower than that of cycle 23 and it is indicated by a red dot in Fig. 8. Cycle 24 belongs to the "declining" group of solar cycles and if the linear extrapolation is used, it could be predicted that the value of its SSN integral should reach ~600. The duration of the cycle was assumed to be ~11 years – the average cycle period. The size of the red dot indicates the expected uncertainty of the integral value.

We took prediction data for the solar cycle 24 from NASA [10] and Ionospheric Prediction Service (IPS) [11], where the SSN values are provided as a function of time and then computed SSN integral value predictions. Both model sources provide similar ~430 ± 100 SSN value. The error indicates uncertainty of the integral and was estimated by integrating lower and upper predicted SSN values as a function of time. The predictions of these sources are lower by one standard deviation from the activity predicted in this work (Fig. 8). This is a significant discrepancy and its implications are important.

The prediction of cycle 24 proposed in this work is significantly ~40 % higher than that provided by both NASA and Ionospheric Prediction Service. This suggests that precaution should be taken – it is more reasonable and safer to assume higher solar activity in planning low-orbit satellite launches and to be prepared for more likely damaging solar flares when the cycle reaches its maximum in 2013.

CONCLUSIONS

Our solar activity analysis method based on integrated sunspot numbers allowed us to uncover a gradual variation of activity on the timescale of ~50 years (i.e. ~4–6 cycles). Interestingly, this coincides with the timescale of recently discovered meridional flows in the Sun's convective zone. This could suggest that solar magnetic activity is closely linked to the large-scale conveyor belt mechanism. Therefore, solar models trying to explain its activity could also try to account for this long timescale variations.

We have found that when there are more sunspots in the northern hemisphere than in the southern (in terms of total area of sunspots) the solar activity is relatively higher. Our prediction based on analysis of the integrated sunspot numbers and northern / southern solar hemisphere sunspot area asymmetry (southern hemisphere dominates during recent three cycles) suggests that the solar cycle 24 will be of a slightly lower activity than the previous cycle 23.

However, the prediction of activity of the cycle 24 proposed in this work is significantly higher than that provided by both NASA and Ionospheric Prediction Service. This suggests that precaution should be taken – it is more reasonable and safer to assume higher solar activity in planning low-orbit satellite launches and prepare for frequent harmful solar flares when the cycle reaches its maximum in 2013.

ACKNOWLEDGEMENTS

I am grateful to Donatas Narbutis who supported and inspired me to work and showed the right way. I'm thankful for his wholesome criticism of my study and for his advices. Also I would like to thank Aurelija Visockienė who encouraged and helped me in every possible way. And I give many thanks to the referee Vladas Vansevičius for his help and support in this study.

REFERENCES

1. Usoskin I. G. 2008, A History of Solar Activity over Millennia. *Living Rev. Solar Phys.*, 5 (3), http://solarphysics.livingreviews.org/Articles/lrsp-2008-3/ (cited on 2010-03-01)

2. Hathaway D. H. 2010, The Solar Cycle. *Living Rev. Solar Phys.*, 7 (1), http://www.livingreviews.org/lrsp-2010-1 (cited on 2010-03-01)

3. Biesecker D. A., *NOAA/NWS/SWPC and the Cycle 24 Prediction Panel*, 2008, http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/SC24/ (cited on 2010-03-01)

4. http://sidc.oma.be/sunspot-data/dailyssn.php (cited on 2010-02-01)

5. http://www.solen.info/solar/ (cited on 2010-02-01)

6. http://www.spaceweather.com/archive.php?view=1&day=04&month=01&year=2008 (cited on 2010-02-01)

7. http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch.shtml (cited on 2010-02-01)

8. ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SOLAR_FLARES/FLARES_INDEX/DAILY.PLT (cited on 2010-02-01)

9. Hathaway D. H., Rightmire L. 2010, Variations in the Sun's Meridional Flow over a Solar Cycle. *Science*, 327 (5971), 1350–1352.

10. http://solarscience.msfc.nasa.gov/images/ssn_predict.txt (cited on 2010-03-01)

11. http://www.ips.gov.au/Solar/1/6 (cited on 2010-03-01)

Heavy Metals' and Total Sulphur Concentration Study in Pine Bark

Justas Simonavičius
Kėdainiai Šviesioji Gymnasium, 2008

ABSTRACT

Nowadays the pollution level due to the development of industry is rising rapidly even in the resort areas. The importance of pollution studies in various regions is increasing. Moreover, the necessity of today is to find a cheap, precise and easy-to-carry method of long-term pollution study. This is the main goal of this project. The concentrations of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr) and total sulphur in the bark of Scots Pine (*Pinus sylvestris*) originated from the Aukštaitija National, Kuršių Nerija National, Seaside Regional and Skinderiškių Dendrology parks were studied during 2007–2008. It was demonstrated that trees in the parks from the western part of Lithuania were more polluted in comparison with those from the other areas. The diversity of lichen species in the same parks was studied during the period of 2006–2007. This analysis helped to assess the pollution level in 4 parks in Lithuania, and this was indicated by the poorer diversity of lichen species there. A correlation analysis of the pollution indices obtained basing on lichen diversity monitoring (2006–2007) and the concentrations of the metals and total sulphur in pine bark determined in the present study was performed. Correlation between the pollution indices and sulphur as well as Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr concentrations was demonstrated. This proves that both methods are useful for revealing the long-term pollution. The possible nearby pollution sources and the migration of pollutants are discussed.

SANTRAUKA

Aplinkos tarša dėl pramonės plėtros sparčiai didėja net kurortinėse vietovėse, todėl labai svarbu ištirti taršos lygį ir poilsiui skirtose zonose. Dar svarbiau atrasti tikslų, patikimą ir lengvai pritaikomą pigų taršos tyrimo metodą. 2007–2008 metais tirta Aukštaitijos nacionalinio, Kuršių nerijos nacionalinio, Pajūrio regioninio ir Skinderiškių dendrologinio parkų tarša sunkiaisiais metalais Cd, Pb, Cu, Zn, Cr ir siera matuojant jų koncentraciją paprastosios pušies (*Pinus sylvestris*) žievėje. Nustatyta, kad Lietuvos vakarinėje dalyje esantys parkai labiau užteršti negu kiti tirtieji. 2006–2007 metais buvo tirta šių parkų tarša pagal biologinių taršos indikatorių – kerpių – rūšinę įvairovę. Įvertintas 4 parkų taršos lygis. Atlikta abiem tyrimo metodais gautų duomenų koreliacinė analizė. Jos rezultatai rodo, kad yra glaudus ryšys tarp tirtų parkų kerpių rūšinės įvairovės bei metalų ir sieros koncentracijos pušies žievėje. Nustatyta, kad abu metodai tinka ilgalaikei aplinkos taršai įvertinti. Aptariami galimi parkų taršos šaltiniai ir teršalų pernaša.

INTRODUCTION

The air pollution study carried out by the application of the bioindication method (lichen diversity analysis) in Seaside Regional (SR), Aukštaitija National (AN), Kuršių Nerija National (KNN) and Skinderiškių Dendrology (SD) parks (Fig. 1) in 2006–2007 revealed that the parks in the western part of Lithuania (seaside area) were more polluted than AN park situated in the eastern part of Lithuania or SD park in the centre of the country. The diversity of lichen species was much poorer in the western part than in other sites under the study. AN park distinguished itself with the abundance of lichen species, the area covered by them was relatively large.

The environmental pollution with heavy metals is currently a global problem because of the rise of contaminants' concentration poisons the inhabitants and even death cases have been proved. Mercury, cadmium, beryllium, nickel, manganese, lead, vanadium, copper, tungsten, tellurium and others have a slow specific impact on human health. They can cause dysfunction of endocrine, cardiovascular systems as well as peripheral and central nervous systems. Generally the negative impact of heavy metals on health is not noticeable straightaway, it becomes evident only later, sometimes in the next generations [1–4].

It is very important to study a long-term pollution of the environment with a proper assessment of the environmental conditions. However, the variety of the long-term pollution analysis methods is insufficient and the ones used are not reliable enough. A choice of suitable method of analysis is a matter of great importance. For that reason the current study focuses on pine trees as they accumulate various pollutants during growth.

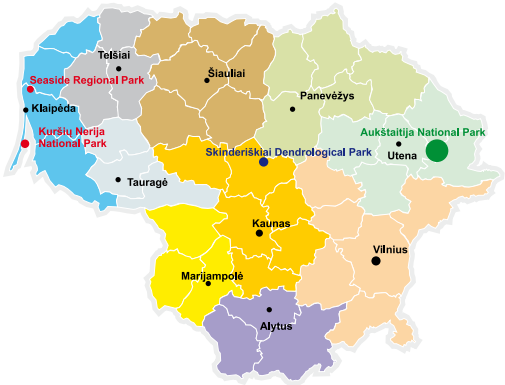


Figure 1. Parks selected for pollution survey.

Concentrations of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr) and total sulphur in the bark of Scots Pine (*Pinus sylvestris*) originated from AN, KNN, SR and SD parks were measured.

The aim of the study was to investigate sulphur and heavy metal pollution in four Lithuanian parks.

Tasks of the study

- To determine the concentrations of heavy metals and total sulphur in the bark of pine tree in AN, KNN, SR and SD parks.

- To estimate the pollution level in the studied parks and compare the results with the data obtained from the earlier air pollution study by the bioindication method when lichens were used as biological indicators.
- To examine a relationship between pollution and prevailing wind directions indicating potential localization of pollution sources.

MATERIALS AND METHODS

Sulphur and its compounds. Coal and/or petroleum combustion in industry and power plants generates sulphur dioxide (SO_2), which reacts with atmospheric oxygen and water to produce sulphuric acid (H_2SO_4). Sulphuric acid is a component of acid rain, which lowers the pH of soil and freshwater bodies sometimes causing a substantial damage to the natural environment and chemical weathering of statues and structures.

Heavy metals. Heavy metals are natural components of the Earth crust. They cannot be degraded or destroyed. To a small extent they enter our bodies via food, drinking-water and air. As trace elements, some heavy metals (e.g. copper, zinc) are essential to maintain the metabolism of the human body [3]. However, at the higher concentrations they can lead to poisoning. Heavy metal pollution can arise from many sources but most commonly arises from the heavy metal purification, e.g. the smelting of ores and the nuclear fuel fabrication. Electroplating is the primary source of chromium and cadmium [5]. Unlike organic pollutants, heavy metals do not decay and thus pose a different threat to the environment. Many people think that heavy metal pollution is closely linked with the areas of intensive industry. However, nowadays roadways and automobiles are considered to be one of the most important sources of heavy metal pollution. Zinc, copper and lead are three of the most common heavy metals released. Smaller amounts of other metals, such as nickel and cadmium, are also found in road run-off and exhaust [6].

Analysis method. A pine bark is a better absorbent than a bark of a deciduous tree due to its rough surface. So a chemical analysis of a pine bark is used in order to assess the environmental pollution [7–9].

There are several suitable methods for sulphur and heavy metals analyses in pine bark. The method of mineralization was chosen – 500 mg of dried bark flour was mineralized in a microwave mineralizator and later the obtained solution was analysed with the inductively coupled plasma atomic emission spectrometer.

Sample preparation for spectral analysis. 40 pines of similar age in every park were chosen for sampling. Bark samples for analysis (two samples from each tree) were collected from the selected areas of every park under study. Compass and a map of the area were used to determine the location sites. Small pieces (1 cm × 1 cm) of pine bark were peeled off with a sharp knife. The bark pieces were dried in drying oven with forced convection FD240 "Binder" [(25–300 °C) ± 1 °C] and ground to small particles (< 0.125 mm) with a "Fritsch" mill. 500 mg of ground bark was precisely measured on electronic laboratory scales *Sartorius* of high precision class 2 [(0–30) g ± 0.001 g]. Then 500 mg of bark flour was poured into solution of 6 ml 65 % HNO_3 and 1 ml 36.6 % HCl, then the mixture mineralized in microwave mineralizator Multiwave 3000/Synthos 3000. The samples after mineralization were clear, not turbid.

Identification and analysis. The components in a pine bark sample were determined by spectrum analysis, because it enables to study qualitative and quantitative composition of solids, gases and liquids in the sample. The detection of qualitative composition of the matter is based on characteristic spectral lines and stripes of every component. The determination of the quantitative composition of the sample is based on comparison of the intensity of sample spectral lines with the intensity of the standard lines. While choosing a method one should evaluate possible concentration limits of the substance under study.

The concentrations of the metals were determined using the inductively coupled plasma atomic emission spectrometer with the automatic sample changer device (Perkin Elmer/PE "Optima 2100DV"), programme packet WinLab.32™ for ICP, V3.3.1. Sample dishes were put into the automatic sample changer, sample taking order was chosen and the sample data had to be entered. The absorption of the device was defined with the help of zero solution. Working standard solutions of the metals were sprayed into the analysing device.

RESULTS AND DISCUSSION

The highest concentration of total sulphur was recorded in pine barks originating from KNN park – 659.3 mg/kg (Table 1), the lowest concentration in those from AN park – 357.4 mg/kg. The highest concentration of heavy metals was detected in pine tree barks from the seaside of Lithuania in KNN park – 5.5 mg/kg of copper, 1.1 mg/kg of nickel; in SR park – 15.8 mg/kg of lead, 92.5 mg/kg of zinc and 2.4 mg/kg of chromium.

Location analysis of potential pollution sources allows us to assume that the Klaipėdos nafta company's activities could have had the greatest impact on pollution of the seaside region. During ship transportation, renovation and exploitation process the heavy metals are released into the environment as by-products. Heavy metals are also used widely as alloy components in industry. According to the data, it can be assumed that the only powerful source of polluting fumes in Eastern Lithuania – Ignalina Nuclear Power Plant, which is situated 39 km away from AN park, – is not polluting notably the air in this region. The waste materials released to the atmosphere from the industrial boiler-house do not exceed the emission standards [10] of pollutants to the air due to a very strict control means.

Possible migration of pollutants. The analysis of winds prevailing in the seaside region in the period of 1970–2000 showed that the impact on pollution in KNN and SR parks can be determined by the winds coming from the sea. According to the diagrams the winds prevail from the west, i.e. from western states, where the industrial infrastructure in the seaside zones is developed rather well. After the analysis of the prevailing winds during the summertime, when the seaside region is mostly visited by tourists, it emerged that the winds in summer much more often come from the sea. It can also be an important factor of air pollution in the seaside area parks. 43 % of prevailing winds during the year in the above mentioned region are north-west, west or south-west (Fig. 2).

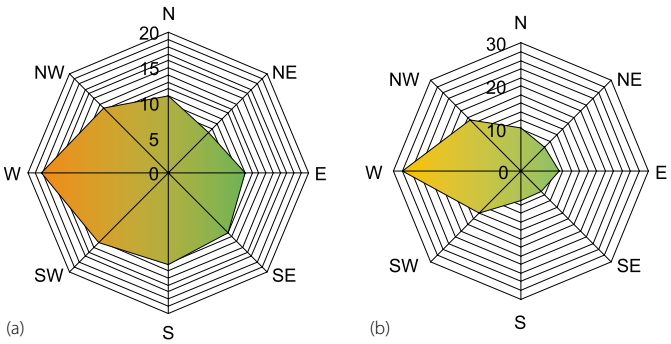


Figure 2. Winds prevailing in KNN park during the year (a) and summer (b).

Comparison of the results with those obtained by method of lichens. Based on the research of lichen species diversity in AN, KNN, SR and SD parks during 2006–2007, the parks were divided into the cleanest and the most polluted (Fig. 3).

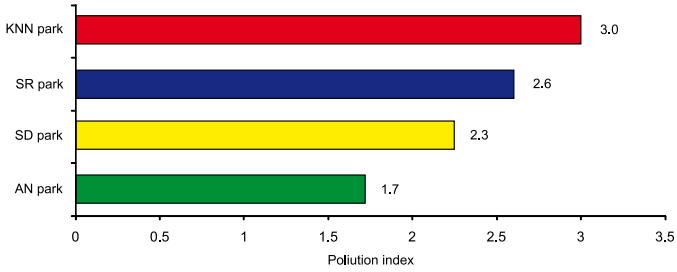


Figure 3. Comparison of air pollution using the research methods of lichen.

The strongest correlation was established between the lichen diversity and nickel (Ni), total sulphur (S) and copper (Cu) (Table 1).

Lichens are affected by a complex of factors; SO_2 is the most dangerous of them because it is soluble in water, then in the course of time it turns into sulphur acid and is capable to penetrate into the cells of the component of lichen silt and chlorophyll is turned into pheophytin. The metabolism in a lichen tuft breaks down and the decay starts as well. The resistance response to the pollutants appears in a lichen tuft, the intensity of this response is different in various species. Thus the tolerance of toxic substances is very different for various lichen species [11–13].

Table 1. Correlation between Heavy Metals Concentration and Pollution Indices in Pine Trees from Lithuanian Parks.

Pine bark from park	S*	Cd*	Pb*	Cu*	Zn*	Cr*	Ni*	Pollution index**
KNN	659	0.03	3.3	5.5	57.8	1.4	1.1	3.0
SR	504	0.23	15.8	3.5	92.5	2.4	0.8	2.6
SD	440	0.30	4.2	1.6	17.4	1.3	0.5	2.3
AN	357	0.05	3.1	1	10.6	0.5	0.2	1.7
Correlation factor	0.97	–0.04	0.26	0.95	0.72	0.66	0.99	

*Substance concentration in the bark (mg/kg).

**Index according to the diversity of the lichen species research method.

Suitability of pine bark and lichens for environmental pollution assessment. Lichen and pine bark tend to accumulate pollutants from air. They indicate air pollution even in those places, where concentration of contaminants is very low [9]. On the other hand, a pine bark is a suitable bioindicator of highly polluted areas. Penetration of chemical substances into a pine bark is a physical/chemical process. Currently there are no exhaustive data on the tendency of penetrated materials to reach deeper tissues than the bark. It is important to point out, that a pine bark due to its rough surface accumulates different materials better than a smooth bark of deciduous trees [9]. Various surveys have been carried out in Nordic states and the USA, however, it is not a fully studied bioindicator in the scientific sense [9, 14].

The analysis of lichen species diversity is suitable to evaluate the level of environmental pollution. Lichen species' diversity and a pine bark studies can be widely used in Lithuania due to the geomorphological situation of the country: the difference between the prevailing highlands and lowlands of the country is rather small. Thus, both bioindicators are usable for the environmental pollution study.

CONCLUSIONS

Concentrations of heavy metals and total sulphur were determined in pine bark from the studied areas (Aukštaitija National, Kuršių Nerija National, Seaside Regional and Skinderiškių Dendrology parks). The parks in the western part of Lithuania are more polluted in comparison with the other studied areas.

The correlation between concentration of total S, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr and the diversity of lichen species in parks was established.

Possible local and not local sources of the pollutants were discussed.

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all I give many thanks to my parents for support and encouragement on my way to science. Also thanks to my home town Kėdainiai, where everyone seeking knowledge gets excellent conditions to improve himself. I am grateful to my school Kėdainiai Šviesioji Gymnasium and give my special thanks to my chemistry and English teachers Eugenija Teišerskienė and Rita Judickienė for their advices and work together. Many thanks to the referee Vincas Būda. Special thanks to Vladas Vansevičius for his understanding and respect to young scientists, for his help and criticism.

REFERENCES

1. www.vsv.lt/gyvensena/sveikas/2600.html (cited on 2010-01-10)

2. Ašmenskas J., Baubinas A., Obelenis V., Šimkūnienė B., *Environmental medicine*, Vilnius: Avicena, 1997.

3. www.lenntech.com/processes/heavy/heavy-metals/heavy-metals.htm (cited on 2010-01-10)

4. Jaouen G. (ed.), *Bioorganometallics: Biomolecules, Labeling, Medicine*, Wiley-VCH, 2006.

5. http://en.wikipedia.org/wiki/Heavy_metal_(chemistry) (cited on 2010-01-10)

6. www.fairfaxcounty.gov/nvswcd/newsletter/heavymetal.htm (cited on 2010-01-10)

7. Kaunelienė V., Mosback H. 1999, Accumulation of Airborne Heavy Metals and Other Elements in Bark of Scots Pine (*Pinus sylvestris*). *Environmental Research, Engineering and Management*, 2 (9), 35–41.

8. Kaunelienė V., Mosback H., Čeburnis D., Špokauskienė D. 1999, Use of bark of Scots pine for bio-monitoring of airborne pollutant deposition. *Environmental and Chemical Physics*, 21 (1), 43–50.

9. Poikolainen J., Mosses, Epiphytic Lichens and Tree Bark as Biomonitors for Air Pollutants – Specifically for Heavy Metals in Regional Surveys. *Acta Universitatis Ouluensis Scientiae Rerum Naturalium* A 421. Oulu: University of Oulu, 2004, http://herkules.oulu.fi/isbn9514274792/ (cited on 2010-01-10)

10. www.iae.lt/default.asp?lang=3&subsub=42 (cited on 2010-01-10)

11. Tarakanovas P., Raudonius S., *Statistical Analysis of Agronomic Research Data Using Computer Programs: ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT from the Package SELEKCIJA and IRRISTAT*, Kaunas: Lithuanian university of Agriculture, 2003.

12. Minkevičius A., Rudzinskaitė T., Galinis V., *A Guide to Lichen in Lithuania*, Vilnius: Mokslas, 1983.

13. Motiejūnaitė J. 2002, Leafy and Shrubby Lichens (Ascomycetes lychenisati Species foliosae et fruticosae). *Lietuvos grybai/Mycota Lithuaniae*, 13 (1).

14. Al-Alawi M. M., Batarseh M. I., Carreras H. et al. 2007, Aleppo Pine Bark as a Biomonitor of Atmospheric Pollution in the Arid Environment of Jordan. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 35 (5), 438–443.

Žali dvejetai

Dalia Ignatjeva

„Mokykloje vertinamas mokinio pažangumas – kiek gavo dešimtukų, penketukų. Bet juk ne skaičiai svarbiausia. Kas nors turi likti ir vaiko širdelėje – prisiminimai apie klasės gyvenimą, išdykavimą, bėgimą iš pamokų“, – sako Palangos „Baltijos“ pagrindinės mokyklos ir Palangos Šventosios bendrojo lavinimo pagrindinės mokyklos chemijos mokytoja ekspertė Regina Burvienė.

Mokytoja Regina Lisabonoje

Iš R. Burvienės asmeninio albumo

Kodėl nusprendėte būti mokytoja?

Kai gimiau, šalia tėvų namų gyveno labai gera mokytoja Regina. Gal tėvai, išrinkę man šį vardą, ir nulėmė tai, kad tapau mokytoja. O gal pasirinkau šią specialybę, nes myliu žmones. Dar būdama mokinė norėjau tapti mokytoja, tik dvejojau: lietuvių kalbos ar chemijos. Atvykusi į Vilnių iš Plungės su visais stoti reikalingais dokumentais, sėdau į taksi ir nuvažiavau į Vilniaus pedagoginį institutą (dabar Vilniaus pedagoginis universitetas). O pirmosios durys buvo į Gamtos mokslų fakultetą... Ir niekada nesigailėjau, kad viskas susiklostė būtent taip. Žinoma, kiekviename darbe pasitaiko juodų dienų – būna, kad tenka atsakyti ne už save, bet už mokinius, ir ne tik už savo auklėjimo klaidas, bet ir mokinio šeimos. Tačiau visa tai laikina. Stengiuosi žiūrėti į gyvenimą optimistiškai.

Ką Jums reiškia darbas su mokiniais?

Tai ne tik darbas... Per pamoką esu mokytoja, bet per pertrauką galiu būti ir mama – paguosti, padėti. Nors metai matosi veide, vis tiek norisi eiti, bėgti, ką nors daryti. Ši energija – iš vaikų. Mokydama vaikus, pati iš jų mokausi pakantumo, bendravimo. Nors mokiniai neturi tiek gyvenimiškos patirties, kiek jos turiu aš, kai ką jie gali padaryti geriau. Pavyzdžiui, apie informacines technologijas septintokai daug daugiau žino, bet aš dėl to neišgyvenu, juk galiu iš jų pasimokyti.

Ar lengva būti mokytoja?

Mokytojo darbas nėra tik dalyko *atbeldimas*. Reikia širdies, bendravimo su vaiku ir noro jį pažinti. Kartais atrodo, kad mokytojo darbo nevertina nei tėvai, nei visuomenė. Tėvai gali mus pamokyti, kaip auklėti, ugdyti ar vertinti jų vaikus. Bet juk aš nemokau tėvų kepti duonos, vairuoti ar gydyti. Kiekvienas turi daryti savo darbą. Mes, mokytojai, ne visada norime pokyčių. Turi vieną programą, vieną vadovėlį, o jei paragina ką nors keisti, tiesiog gaila laiko. Žinoma, taip daug paprasčiau, – bet taip negalima. Panašiai yra ir su mokinių moksliniais darbais – kiekvieną kartą reikia sugalvoti ką nors naujo. Čia ir yra visas įdomumas, tik tos idėjos ne taip lengvai ateina.

Daug laiko skiriate mokinių moksliniams darbams. Dėl ko visa tai darote?

Labiausiai mane džiugina užsidegusios mokinių akys, jų nuoširdus džiaugsmas, kad pavyko ką nors padaryti. Tai neleidžia sustoti vietoje. Rodos, pakaktų visų kelionių, juk, be manęs, yra ir jaunų pedagogų, bet man norisi... Be to, patys vaikai mane susiranda ir klausinėja, ar bus būrelis, ką darysime, kur važiuosime. Šį rudenį į chemijos būrelį atėjo septyniolika aštuntokų, o auklėtinius į tiriamąjį darbą įtraukiau daug anksčiau. Būreliui skirtos valandos neužtenka, reikia prisidurti vakarus, savaitgalius. Bet jei esi mokytojas, tau svarbiausia vaiko noras dirbti. Su vyresniais mokiniais dirbti lengviau, nes jie savarankiškesni. Labai daug idėjų turi penktokai, šeštokai. Jie nori patyrinėti ir boružę, ir skruzdėlę, išsiaiškinti, kodėl lapai taškuoti, – viskas juos domina. O kai prasideda sunkus darbas, tai ir žaismingumas prapuola, ir nesėkmės neaplenkia, todėl kai kurių tyrėjų noras tirti nuslopsta. Pavyzdžiui, su vaikais darėme eksperimentą, bet norimo rezultato negavome. Jie labai nuliūdo, kad tirtos plokštelės masė nepadidėjo. Mokiniai nepatikėjo, kad patys ne viską padarė teisingai, greičiau buvo linkę manyti, kad kas nors plokštelę nulaižė ar nugrandė. Teko rodyti mokslininkų straipsnius, kad pamatytų, jog ir jie susiduria su nesėkmėmis. Todėl mokiniams būtina bendrauti su mokslininkais, kartu padirbėti, kad suvoktų, kas yra mokslinis darbas.

Idėjų mugėje

Kartu su mokiniais dalyvaujate projekto renginiuose. Ar jie Jums naudingi?

Prie mokinių mokslinių darbų prisidedu ne tik aš, nors tyrimai susiję su chemija. Tai, ką atsivežame į Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkurso (ES JMK) nacionalinį etapą, *Idėjų mugę* ar *Mokslo kalvę*, yra mūsų visų bendras darbas ir prisiimti visų nuopelnų negaliu. Vienas mokytojas moko taisyklingai rašyti, kitas – oratoriaus meno, trečias – braižyti grafikus.

Aš visada važiuoju išgirsti kritikos. Ne visi mokiniai lengvai ją priima, todėl jiems primenu, kad nesame visažiniai. Yra žmonių, kurie labai gerai išmano savo sritį, ir turime juos išklausyti.

Ar mokiniams norisi dalyvauti mokslinių darbų konkursuose?

Vaikai visada su džiaugsmu važiuoja į renginius. Mokiniai žino, kad jei juos vežu, daug ką pamatys. Mes išnaudojame kiekvieną laisvą minutę – nueiname ir į parodas, muziejus. Galbūt mokiniai su tėvais išmaišo Turkiją, Ispaniją, bet Lietuvoje mažai kur nuvažiuoja. Yra ir nedrąsių mokinių – dažnai jų baimė ateina iš šeimos. Tokius mokinius reikia padrąsinti. Svarbu, kad jie suprastų, jog laimėti konkursą nėra svarbiausias dalykas. Jie tampa drąsesni, iškalbesni, o kiek dar sužino. Mokslinius darbus darantiems mokiniams pavydi kiti klasės draugai. Juk konkursų dalyviai daugiau pamato, o grįžę dar pasigiria, kad bendravo su profesoriumi. Taip ir kitiems noras atsiranda. Tėvams taip pat smagu dėl savo vaikų, todėl dar labiau juos skatina. Palanga – mažas miestelis, todėl apie kaimynų vaikų nuopelnus greitai sužinoma, o parodyti, kad ir tavo vaikas ne prastesnis, taip pat norisi. Mano pačios vyras labai džiaugėsi, kai dukra išvažiavo į ES JMK.

Ką dažniau tenka daryti: girti ar peikti mokinius?

Pati svarbiausia mokytojo savybė – meilė žmonėms. Daugiau nieko nereikia. Tačiau mes įpratę rašyti pastabas, papeikimus, o pagirti dažniausiai pamirštame. O juk reikia pradėti nuo gero! Jau seniai išmokau pokalbį su tėvais pradėti nuo pagyrimų ir tik vėliau prabilti apie problemas. Taip išvengiu konfliktų, ir tėvai, sutikę mane gatvėje, nebėga į kitą pusę...

Žinoma, ne visi mokiniai klauso, ne visi mokosi, bet nešaukiu ant jų ir nerašau pastabų. Jei vaikas išties nesugeba mokytis, tu negali iš jo reikalauti parašyti formulę ar išspręsti uždavinį. Beje, pažymius rašau žalia spalva, nes jei mokiniai pamato sąsiuvinyje raudonai parašytą dvejetą ar trejetą, labai supyksta. Pasitaisyti pažymį taip pat leidžiu, tik nedažnai, nes egzamino daug kartų niekas neleidžia laikyti. Visai neseniai mokiniai iškrėtė išdaigą – turėjau parašyti daug dešimtukų, nes negalėjau įrodyti, jog nusirašė. Tai buvo pamoka man pačiai. Tačiau noriu, kad mokiniai suprastų, jog ne pažymys ir ne diplomas yra svarbiausia. Žmogus gali būti baigęs tris aukštąsias mokyklas, bet būti blogas tėvas, darbuotojas ar tiesiog blogas žmogus. Ir gali būti nebaigęs nieko, bet būti idealus tėvas, geras darbuotojas ir nuostabus žmogus.

Ar teko daryti bandymų namie?

Su savo vaikais taip pat dalyvavau ES JMK. Su dukra darėme darbą apie biodujas, todėl namuose ant visų palangių raugėnome atliekas ir rinkome dujas. Namiškiai varė mus iš namų, prašė baigti juos smarduti. Tad sava laboratorija namuose mano šeimai ne naujiena. Gal todėl dukra ir jaunesnysis sūnus tapo chemikais.

Ar vaikystėje krėtėte išdaigas?

Bėgau iš pamokų. Prie mokyklos buvo tvenkinys, kurį vadinome Plungės jūra. Slėpėmės nuo mokytojų po valtimis, krūmuose. Kartą abu su broliu atlikome eksperimentą su mažąja sesute. Laukuose gyvulius saugojo elektrinis piemuo, o mes su broliu išbandėme, kad pirmą prie jo prisilietusį elektra nukrato mažiausiai, o antrą – jau labiau. Pasikvietėme sesutę ir paprašėme prie laido kibtis paskutinei: „Tu mažoji, tau mažiau klius.“ Taigi, augau kaip visi vaikai: ko tik neprigalvodavome.

Koks Jūsų laisvalaikis?

Smagu keliauti – su mokiniais einame į žygius, keliaujame po Lietuvą, Latviją. Taip pat mezgu, skaitau viską, kas papuola po ranka. Dabar turiu pusantrų metukų anūkėlę – savo džiaugsmelį. Tai, ko nespėjau atiduoti savo vaikams, dabar galiu duoti jai.

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Idėjų mugė.
Ką patars ekspertas?

Svarbiausia – būti žmogumi

Gražina Radzvilavičiūtė

Kauno rajono Kulautuvos vidurinės mokyklos mokytoją ekspertę Kolombą Bulotienę jos mokytojai kažkada atkalbėjo nuo išsvajotos profesijos. Tačiau likimas mėgsta išdaigas: kad ir įgijo kitą specialybę, vėliau vis tiek neatsispyrė senai svajonei ir atėjo dirbti į mokyklą. Kolomba sako, jog mokytojo misija – įžvelgti mokinio gabumus, polinkius ir padėti pasirinkti gyvenimo kelią. Ir dar viena metamorfozė: mokytoja jau nebemano, jog mokinys privalo idealiai mokėti jos dalyką. Prastesni įvertinimai – ne bėda, svarbiausia – būti žmogumi.

Su augintinėmis

Iš K. Bulotienės asmeninio albumo

Likimo išdaiga

„Mano kelias pas mokinius buvo labai ilgas. Kai baigiau vidurinę mokyklą, svajojau apie šią profesiją, bet mokytojai nuo jos atkalbėjo, mat buvau gera mokinė. Jie sakė, kad galiu pasiekti ko nors daugiau“, – profesijos pasirinkimo priešistorę pasakoja Kulautuvos vidurinės mokyklos chemijos mokytoja Kolomba Bulotienė. Jos mokytojų žodžiai pildėsi: Kolomba įstojo į Vilniaus universiteto Prekybos fakultetą, į kurį tais laikais buvo didžiulis konkursas. Baigusi studijas Kolomba suprato, kad įgyta specialybė jai visiškai ne prie širdies... Todėl atsisveikinusi su nemielu darbu ir išėjusi motinystės atostogų per daug neliūdėjo.

O kaip Kolomba pradėjo mokytojauti? „Po motinystės atostogų sužinojau, kad vienoje mokykloje reikia chemiko, maniau, padirbėsiu laikinai – metus. Ir štai – jau aštuoniolikti metai, kaip dirbu mokykloje. Mokytojaudama baigiau ir pedagogikos studijas“, – apie kiek neįprastą tapimą mokytoja pasakoja pašnekovė. Chemija Kolombai visada patiko, o studijuojant prekių mokslą jos teko mokytis daug ir rimtai, todėl chemijos mokyti ji nepabūgo.

Chemijos žavesys

Kai mokiniams ateina laikas rinktis dalykus, kurių mokysis vienuoliktoje ir dvyliktoje klasėje, daugelis atsisako chemijos ir pasirenka fiziką. Tačiau Kolomba savo dėstomą dalyką iš tiesų mėgsta ir mano, jog nors ir sunkus mokslas chemija, jį verta rinktis. „Chemijoje mane labiausiai žavi eksperimentas ir tai, kad gali sukurti ką nors naujo. Man patinka, kad šis mokslas nesustabarėjęs ir visą laiką vystosi“, – sako mokytoja.

Tačiau chemija – ne vien patrauklūs eksperimentai, spalvoti tirpalai ar fejerverkai. Kaip ir kiekvienas mokslas, anot Kolombos, chemija turi savas paslaptis, kurias įminus mokytis tampa daug lengviau ir įdomiau. Galbūt todėl Kolomba mano, jog chemija – ne kiekvienam. Pasak mokytojos, jeigu klasėje yra dvi dešimtys mokinių, iš jų kokie penki gali įminti šias paslaptis ir sėkmingai mokytis, o kai kurie jų net tampa chemikais.

Dešimt litų už...?

„Sakau mokiniams, kad nėra kvailų klausimų. Tačiau kartais ir taip pasakau: „Kvailas klausimas – 10 litų!“ Esu labai griežta mokytoja, kartais net pačiai atrodo, kad per daug reikalauju“, – kalbėjo mokytoja. Į klausimą, kaip gauti dešimtuką, Kolomba atsako trumpai: „Viskas turi būti taip, kaip turi būti.“

Mokytoja vertina žinias pagal tokį dėsnį: vidutinių įvertinimų turi būti daugiausia, o gerų ir blogų pažymių mažai. Jei Kolombos mokiniai būtų pavyzdinė visuomenė, tai daugiausia mokinių priklausytų viduriniajam sluoksniui. „Manau, kad ketvertui chemiją

moka visi“, – savo receptą komentuoja mokytoja. Kol dar nebuvo baigusi pedagogikos studijų, Kolomba vertindama mokinių žinias vadovavosi intuicija, o studijos tik patvirtino, jog jos taikomi vertinimo metodai teisingi.

Negerai, kai kontrolinis užsiguli mokytojo stalčiuje savaitę ar ilgiau, – mokinys pamiršta temą, nebesupranta padarytų klaidų ir iš jų nepasimoko. Anot pedagogės, reikia nuolat tikrinti praktines žinias. Todėl jos mokiniams tenka dažnai miklinti ranką ir protą rašant kontrolinius darbus.

Svarbiausia – žmogus

Esame įpratę, jog mokykloje mokosi tik mokiniai. Tačiau iš mokinių mokytojai taip pat gali daug ko išmokti. Mūsų pašnekovė sako, kad darbas su mokiniais pakeitė jos mąstyseną: „Kai pati buvau mokinė, maniau, kad visi mokiniai privalo labai gerai mokėti, tarkime, chemiją. Dabar esu kitokios nuomonės. Man atrodo, kad pirmiausia kiekvienas turi būti žmogumi, o mokslai žmogaus gyvenime turi savo vietą. Ir mokiniams vis primenu, jog svarbiausia, kad tave gerbtų ir mylėtų už gerumą, nuoširdumą, žmogiškumą.“

Mokytojai patinka smalsūs mokiniai, kurie nori sužinoti daugiau, negu išgirsta per pamokas. Jie net ir išėję į gimnaziją tęsia Kulautuvos vidurinėje mokykloje pradėtus tiriamuosius darbus, patys susiranda temų ir dalyvauja įvairiuose konkursuose, renginiuose.

„Man nereikia, kad mokinys būtų ypač disciplinuotas. Jis nebūtinai turi būti *moksliukas*. Yra vaikų, kurie tiesiog trokšta sužinoti, pamatyti, dalyvauti. Turiu mokinių, kurie mokosi septynetais, aštuonetais ar net šešetais, tačiau konkursuose jie laimi“, – didžiuojasi mokytoja.

Misija

Kolomba įsitikinusi, jog mokytojo misija – padėti rasti kelią, kuriuo mokinys galėtų eiti visą gyvenimą. „Tiesiog turi įžvelgti mokinio gabumus ir „pakutenti“, kad jie pasireikštų“, – sako mokytoja.

Būna, kad ir pats mokinys nežino, ką jis gali. Kolomba pasakoja apie mokinius, kurie tiesiog imdavo ir paklausdavo: „Mokytoja, ką man daryti?“ Kartą Kolomba patarė pasirinkti aplinkos inžineriją. Tas mokinys dabar doktorantūroje, jam puikiai sekasi. „Kiekvienąsyk, kai susitinkame, jis dėkoja, kad gerai patariau. O kai kurie mano mokiniai jau chemijos mokslų daktarai“, – džiaugiasi pedagogė.

Paklausta, kokių pokštų ar eibių mokiniai jai yra iškrėtę, mokytoja Kolomba negalėjo atsakyti. „Gal todėl, kad esu tokia griežta, mokykloje net pravardės neturiu. Mokiniai mane vadina vardu, o jis toks retas. Net negaliu prisiminti, ar mokiniai apskritai kada nors buvo man ką iškrėtę... Na, pernai auklėtiniai gimtadienio proga padovanojo man tokią neapglėbiamą puokštę rožių!“ – šypsosi Kolomba. Mokytojos santykiai su mokiniais, kad ir kokia griežta ji save laiko, puikūs. Buvę mokiniai dažnokai užeina pasikalbėti apie tai, kas gero, naujo nutiko...

Veiklumo užkratas

Mažuose miesteliuose mokykla yra tikras kultūros centras – visi projektai, renginiai vyksta mokykloje. Kolombos auklėtiniai dalyvauja įvairių dalykų olimpiadose, šokių kolektyvuose. Pirmasis projektas, kuriame dalyvavo jos mokiniai, buvo „Mano žvilgsnis į supantį pasaulį“ prieš aštuonerius metus. „Šeštokai padarė, atrodytų, paprastą darbelį, bet taip užsidegė, kad negalėjo sustoti“, – sako mokytoja. Ji vis pakiša smalsiesiems kokį mokslo populiarinimo žurnalą – gal pasiskaičius kils kokių sumanymų. Projekto *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* renginiuose dalyvaujantys Kolombos Bulotienės mokiniai sako, jog kurti idėjas ir daryti tiriamuosius darbus juos skatina ir tai, kad mokytoja suteikia jiems laisvę priimti sprendimus, tačiau visada pasirengusi padėti juos įgyvendinti.

Mokytoja tik apgailestauja, jog mokykloje trūksta priemonių tiriamiesiems darbams daryti, todėl geriausia, ką Kulautuvoje galima tirti, – gamta. Tačiau yra bandymų, kuriuos galima atlikti tik laboratorijose. O šios pagalbos jos vadovaujami jaunieji tyrėjai sulaukia *Idėjų mugėje*: čia jie gali pabendrauti su mokslininkais, vėliau pavyksta užmegzti ryšius ir su laboratorijomis.

„Mokiniams šis projektas labai patinka ir į *Idėjų muges* ar konkursus jie važiuoja labai noriai. Mes tiesiog sužavėti. Mažo miestelio vaikui tai labai svarbu: čia jis gali ne tik savo darbelius parodyti, bet ir pasižiūrėti, ką daro kiti“, – mintimis dalijasi chemijos mokytoja.

Po nelengvos darbo dienos grįžusią namo Kolombą pasitinka jos augintinės. Ne, ne apie kojas besitrinančios katytės, o mokytojos jau trečius metus auginamos iguanos... Laisvalaikio Kolomba turi nedaug. Kaip pati juokauja, taip yra dėl įvairiausių nesaikingų įsipareigojimų. „Giedu bažnyčios chore, priklausau bendruomenės centrui, dar pakvietė ir į etnografinį ansamblį. Mėgstu žaisti kompiuterinius žaidimus, fotografuoti. Kartais išeinu į fotomedžioklę – juk gyvenu nedideliame miestelyje, kur tik iškeli koją iš namų, ir jau miške. Taip sudėliojo pats gyvenimas, kad mokytojos Kolombos ir jos mokinių tiriamųjų darbų neišsenkamas šaltinis yra gamta...

Idėjų mugėje

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Valandos, kurių neskaičiuoji

Dalia Ignatjeva

Kiekviena darbo diena prasideda skambučiu, bendravimu su jaunais, energingais, šiek tiek pašėlusiais ir savo požiūrį į pasaulį turinčiais žmonėmis. Kaip elgtis, kad ši energija būtų panaudota ne tik mokslo tiesoms suvokti, bet ir joms tikrinti bei kurti savas? Kaip mokytojas ir mokinys tampa bendražygiais ir ką dėl to reikia nuveikti mokytojui, pasakoja Kėdainių šviesiosios gimnazijos ir Kėdainių rajono savivaldybės Šėtos gimnazijos biologijos mokytoja ekspertė dr. Rasa Baltušytė.

Iš R. Baltušytės asmeninio albumo

Šiandien aš nieko nekeisčiau – esu labai laiminga ir patenkinta, nors prisipažinsiu: mokytojo darbas nebuvo mano svajonė. Kodėl? Gal todėl, kad mano tėvai buvo pedagogai ir aš žinojau apie didelį šio darbo trūkumą – begalinį popierizmą. Bet genai, matyt, nugalėjo visas mano baimes. Ir nors nesvajojau apie tai, kaip įkvėpsiu mokiniams norą mokytis ar juos tramdysiu, vis dėlto dar mokinė apie mokytojo kelią svarsčiau. Baigusi Žemės ūkio akademiją[1] pradėjau dirbti Lietuvos žemdirbystės institute[2]. Vėliau išvažiavau doktorantūros studijoms į Sankt Peterburgą, o apgynusi disertaciją[3] grįžau į Lietuvą ir penkerius metus dirbau mokslinį darbą. Kaip tapau mokytoja? Aš nesu ramus žmogus, turiu nuolat ką nors veikti, kur nors skubėti, todėl man mokslininko darbo ramybės buvo daugoka, norėjosi save realizuoti kur nors kitur. Be to, mokslininko darbas reikalauja kruopštumo, o aš tokia nesu: man geriau hektarą burokų nuravėti, negu savaitę sėdėti prie mikroskopo ar atlikti kryžminimą. Ne, aš šito nesugebu... Ir štai pradėjau dirbti biologijos mokytoja Dotnuvoje. Zoologijos ir botanikos pagrindus išmaniau, bet kaip bijodavau žmogaus anatomijos pamokų... Ateini į pamoką ir galvoji, kad tik ko mokiniai nepaklaustų. Ir paklausdavo... Tada sakydavau: „Atsiprašau, bet aš šito nežinau. Susirasiu literatūros ir kitą kartą atsakysiu į šį klausimą."

Žinoma, dalis manęs vis dar yra mokslininkė, todėl su mokiniais darome įvairius tyrimus. Pradžią visoms idėjoms davė mano vyras – mokslininkas. Jis sakė: „Kodėl tu negali panaudoti to, ką žinai ir sugebi?" Taip ir žengiau pirmąjį žingsnį. O dabar yra internetas – sėdi ir skaitai. Sužinai, su kokiomis problemomis susiduria pasaulis, ir kyla noras kartu su mokiniais pabandyti bent kelias iš jų išspręsti. Neslėpsiu – būna, jog ateina mokiniai su pasiūlymu kartu įgyvendinti jų idėjas. Vadinasi, aš juos uždegiau ir jie jau patys lenda į mokslą. Kiti ateina paprašyti padirbėti kartu. Tegul dar nieko nebūna sugalvoję, bet vien tai, kad jie susiranda tave norėdami dirbti, mokytojui yra didžiulis džiaugsmas. Juk mokiniai eikvoja savo laiką, taip pat ir pinigus kelionėms į Žemdirbystės instituto genetikos, cheminių tyrimų laboratorijas ar pas selekcininkus. O kur dar kelionės į įvairius renginius...

Projektas *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* palengvino mūsų darbą. Ne taip paprasta patiems prisikalbinti konsultantą, kad padėtų dirbti. Labai svarbi ir per renginius įgyta mokinių patirtis, gauti patarimai. Ar visi vaikai galėtų pagyventi Vilniuje viešbutyje? Mano mokiniai, grįžę iš *Eruditų turnyro*, visai gimnazijai pasakojo, kokiame viešbutyje gyveno, kokios ten skanios bandelės. Atrodo, kad tai smulkmenos, bet būtent iš jų susideda visas gyvenimas. O kokie naudingi buvo mokytojų mokymai...

Ar noriai mokiniai daro mokslinius darbus? Jų niekas neverčia. Tiesa, kaimo vaikai turi labai mažai galimybių savo gabumams išreikšti. Kartais vienintelė galimybė – popamokinė veikla. Dažnai girdžiu sakant, kad kaimo vaikai degraduoja, bet tai netiesa. Vaikai mokykloje turi rasti tai, ko jie neranda šeimoje. O šeimų yra visokių ir to nepaslėpsi. Tačiau ir iš tų „visokių" šeimų vaikai yra gabūs, tik reikia su jais padirbėti – sužadinti jų norą, ir tada... aš nematau prastų mokinių. Tai kas, kad vaikui nesiseka fizika. Aš pati apie pagreitį supratau tik prieš kokius penkerius metus ir tik todėl, kad kolega sugebėjo suprantamai paaiškin-

[1] Dabar Lietuvos žemės ūkio universitetas.

[2] Dabar Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialas Žemdirbystės institutas.

[3] Sąjunginis N. Vavilovo augalininkystės mokslo tyrimų institutas, disertacija „Selekcinės ir vietinės TSRS veislės – ūkiškai vertingų požymių šaltiniai vikių selekcijai".

Rasa Baltušytė su savo mokiniais *Idėjų mugėje*

Mokytojų diskusija – Rasa Baltušytė ir Edmundas Jauniškis

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

ti. O jei mokytojai dėstydami aukštomis frazėmis vaizduos labai protingus? Mokiniai iškals pažymiui arba ims nusirašinėti. Ir tai suprantama – juk negali būti vunderkindas ir viską mokėti, o geresnio pažymio kartais taip reikia. Tiesa? Aš pati nusirašinėdavau ir dabar sakau: „Nusirašykite, bet kad aš nematyčiau.“ Bando – jei pagauni, parašai dvejetą. Tik jis nevienodai mokinius veikia – tai priklauso nuo charakterio, tikslų gyvenime. Mokinius pažymiais galima paskatinti, jie dėl jų stengiasi. O savo žiniomis retas kuris rūpinasi...

Manote, kad lengva dirbti su gimnazistais? Negalvokite, kad nieko nedirbant staiga viskas ateina. Daug kas priklauso nuo tos ugnelės, kurią įžiebi vaiko širdyje. Juk visko būna: tenka ir pasibarti, ir susitaikyti. Mokiniai visko prikrečia, bet jie juk jauni energijos kupini žmonės. Aš vaikystėje išvis bjauri buvau. Augau kartu su dviem broliais, tai visokias išdaigas krėsdavome. Tačiau mokinių žinios ir elgesys ne visada parodo, kokie jie užaugs. O dėl profesijos niekad niekam nepatarinėju – kiekvienas turi rasti savo kelią. Turbūt pasidariau negera mokytoja, nes dabar mokinius mokau už savo vietą po saule pradėti kovoti vos palikus mokyklos suolą. Jokiu būdu negalima kitiems nusileisti, bijoti. Geriau drąsiai reikšti savo mintis ir jas ginti. O to galima išmokti ir per pamokas. Juk mokiniai atlikdami užduotis mokosi mąstyti, kritiškai vertinti informaciją, reikšti mintis. Taip jų kalba pasidaro rišlesnė, o mintys stipresnės. Vertindama egzaminų užduotis pastebiu, kad mokiniams sunku aprašyti bandymą, evoliucijos procesą ar organizmų prisitaikymą. Kaip manote, kodėl? Todėl, kad per pamokas jie nekalbėjo...

Prisimenu savo mokytojus, dar kartą iš jų mintyse pasimokau. Mano pirmoji mokytoja palikdavo mus po pamokų ir turėdavome tol perrašinėti tekstą, kol nelikdavo nė vienos klaidos. Tai jos nuopelnas, kad dabar rašau be klaidų. O bendrauti su mokiniais išmokė auklėtojas. Jei ko nors neišmokdavome, jis negėdindavo mūsų vadindamas tinginiais, tiesiog sakydavo: „Tai ką, pasikabinai iškabą „nenoriu mokytis, noriu *ženytis*“?“ Kad jūs žinotumėte, kaip mes bijojome šios iškabos!

O pirmoji kelionė į kalnus... Mus, mokinius, nuvežė į Karpatų kalnus! Tai buvo toks stebuklas. O kaip mes, norėdami sušilti, paragavome vyno. Mūsų niekas nepeikė, o ir piktnaudžiauti tuo niekam nesinorėjo. Su dabartiniais mokiniais tenka ir apie alkoholį pakalbėti. Mes esame mokytojai – gimę mokyti, tad mokykime visais gyvenimo atvejais. Ir, žinoma, negalima užmiršti mandagumo pamokų. Aš bent nepastebiu, kad mano vaikinai pirmi įliptų į autobusą nepraleidę merginų. Bet reikėjo padirbėti.

Visada laukiu rugsėjo pirmosios, nors žinau, kad bus daug darbų, papildomų rūpesčių. Ir nemanau, kad yra toks mokytojas, kuris jos nelauktų. Man pasisekė – aš dirbau ir dirbu su gerais, nuoširdžiais žmonėmis, iš kurių sulaukiau ir palaikymo, ir pagalbos. Bet akmenėlį į jaunų mokytojų daržą įmesiu: vis rečiau sutiksi jauną mokytoją, kuris dirba ir nesako: „Man už tai nemoka.“ Dar mūsų karta kvailioja ir neskaičiuoja valandų. Nors mokytojas, žinoma, turi dar ir savo asmeninį gyvenimą. Man jam laiko lieka išties nedaug. Ir nors jo užtenka pasvajoti apie keliones, tačiau finansai... Taip pat labai mėgstu skaityti, bet nerandu tam laiko. O Štrauso valsai – tai absoliuti mano silpnybė...

Abejok viskuo

Gražina Radzvilavičiūtė

Edmundui Jauniškiui, Kauno rajono Mastaičių pagrindinės mokyklos fizikos mokytojui metodininkui, gyvenimo kelią pasirinkti buvo nelengva: ilgai apsispręsti negalėjęs abiturientas dabar mokiniams perduoda ne tik žinias, užkrečia filosofiniais mokslo klausimais, bet ir nuolat suka galvą, kaip išrasti kuo efektyvesnį energijos šaltinį...

Iš E. Jauniškio asmeninio albumo

Į fiziką per matematiką

Edmundo kelias į mokytojo profesiją buvo vingiuotas. Norėjęs studijuoti inžineriją, jaunuolis pasidavė madai ir bandė stoti į psichologiją. Tačiau, kaip dabar pats sako, ačiū Dievui, nepavyko. Specialybė buvo nauja, konkursas – milžiniškas, ir pritrūko vos vieno balo. Aukštojo išsilavinimo siekęs jaunuolis tapo Vilniaus pedagoginio instituto (dabar Vilniaus pedagoginis universitetas) studentu. Bet ir čia jis iš pradžių pasirinko ne fiziką, kurios dabar moko Mastaičiuose, o matematiką. Laikant fizikos egzaminą dėstytojas pasiūlė užuot studijavus matematiką rinktis būtent fiziką. Taip Edmundas ir padarė.

„Dar norėjau studijuoti žurnalistiką, bet nuo jos atkalbėjo dėdė. Jis sakė, kad straipsnį gali bet kas parašyti. Man rašiniai puikiai sekdavosi, lietuvių kalba taip pat, nebaugino jokios temos“, – apie dar vieną profesijos pasirinkimo alternatyvą pasakojo Edmundas. Juk vaizdžiai kalbantis, žodžio kišenėje neieškantis gamtos mokslų mokytojas – tikra dovana kiekvienai mokyklai.

Taigi, atrodytų, į fiziką jis atėjo atsitiktinai, tačiau šis mokslas netruko įtraukti. Kaip pasakoja pats Edmundas, tuo metu Lietuvoje su paskaitomis lankydavosi ne vienas įvairiose slaptose Sovietų Sąjungos laboratorijose dirbęs mokslininkas. Dažnas parodydavo tokių dalykų, kurių nė vienoje aukštojoje mokykloje nepamatysi. Tai įkvėpė ir paskatino nerti gilyn. „Į fiziką gilintis pradėjau aukštojoje mokykloje. Čia pajutau, kad tai ir yra, ko aš ieškojau, o bestudijuodamas šio mokslo dėsnius perpratau jų svarbą. Labiausiai mane sudomino elektra, prieš 20 metų pradėjau pats eksperimentuoti“, – pasakoja mokytojas.

Fizika – apčiuopiamas dalykas

Kodėl vis dėlto pasirinko fiziką, Edmundas atsako: „Kitos sritys, pavyzdžiui, astronomija, manęs netraukė. Gal todėl, kad eksperimentinė fizika grindžiama bandymais, tiriamą objektą gali „pačiupinėti“, o ta žvaigždė yra kažkur labai toli“, – paaiškina mokytojas. Jo nuomone, fizikoje dar yra ką veikti, svarbu kritinis ir kūrybiškas mąstymas. Anot mokytojo, fizikos tiesos nėra galutinės – ir senuose dalykuose galima įžvelgti kitą prasmę. Kodėl jis abejoja visuotinai pripažintomis mokslo tiesomis?

Užges, neužges...

Idėjų mugė – diskusijų metas

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

„Viskuo abejok, niekuo netikėk – vienintelis svarbiausias mokslo principas“, – atsako Edmundas, tačiau tuoj pat priduria, kad moksle yra ir didelė dalis tikėjimo – be tikėjimo savo idėjomis ir pasitikėjimo savo jėgomis negali eiti toliau.

„Mokydamas vaikus sakau, jog mokslas nėra abėcėlė. Juk mokslo duomenys nėra galutiniai, jie nuolat tikslinami ir kartais reikia pakoreguoti, atrodytų, buvusias neginčijamas išvadas arba netgi keisti teorijas“, – štai kas, pasak Edmundo, labiausiai paskatina mokinius tapti jaunaisiais tyrėjais. Tačiau įkvėpti juos reikia atsargiai: pradžioje suteikti pamatinių žinių, kad mokinys turėtų kuo remtis, o tik paskui pasėti abejones ir įtikinti, kad ką nors nauja atrasti jis gali ir pats. Vaikai labai imlūs ir energingi, kai juos kas nors sudomina, nebijo kliūčių, ir mokytojui tai patinka. Paklaustas, o kaip mokiniai reaguoja į mokslinių darbų konkursuose ekspertų išsakytas pastabas, mokytojas atsako lakoniškai: „Kas nedirba, tas neklysta. Labai gerai, kad vyksta *Idėjų mugės*, mokiniai kalbasi su mokslininkais ir išsiaiškina silpnąsias darbų vietas. Džiugu, kai jie nori tęsti darbus, nepasimeta dėl kritinių pastabų ir dirba toliau, randa būdų, kaip darbus pataisyti ir išplėtoti ar pakreipti kita linkme. Atkaklumas ir teigiamos nuostatos būtinos dirbant bet kokį darbą“, – kalba mokytojas.

HHO technologija iš Mastaičių

„Dalyvaujame *Idėjų mugėse*, nes mano mokiniai to labai nori. Trečiajai mugei vienas vaikinas padarė projektą apie energijos taupymą šeimoje. Kitiems mokiniams pasiūliau temą apie energijos gavimą iš aplinkos, rekomendavau informacijos šaltinius. Darbai apie energiją yra aktualūs, apie jų svarbą galime spręsti vien iš to, kaip kyla elektros kainos. Be abejo, jei rasime būdų, kaip lengviau gauti elektros energijos, sumažinti jos gamybos sąnaudas, visiems bus lengviau gyventi. Todėl stengiuosi orientuoti mokinius ieškoti neįprastų energijos šaltinių, naujų jos taupymo būdų“, – sako Edmundas.

Mokytojas didžiuojasi mokiniais, kurie 2009 m. su savo tiriamuoju darbu pateko į Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkurso nacionalinio etapo baigiamąjį turą. Kauno rajono Mastaičių pagrindinės mokyklos mokiniai Justinas Mitkus ir Mantas Paulauskas šiame konkurse pristatė vandens skaidymo į vandenilį ir deguonį aparatą, padedantį sutaupyti degalų. Jį įrengę automobilyje, entuziastai tyrėjai važinėjo iš Kauno į Vilnių ir atgal ir tyrė prietaiso poveikį degalų suvartojimui. Sukorę apie 1000 km apskaičiavo, kad sutaupė apie 30 proc. degalų. Šis pasiekimas tik įrodo, jog galima daug ką nuveikti, jei tik yra susidomėjusių mokinių, nenorinčių sėdėti sudėjus rankas ir pasirengusių priimti jiems siūlomas žinias ir pagalbą. „Kartu pagaminame naudingų prietaisų, o bedirbant kyla ir naujų idėjų“, – sako fizikos mokytojas.

„Dabar mes išbandome kitokias technologijas, kurias parodysime ketvirtojoje *Idėjų mugėje*[1]. Šiame darbe norime sujungti kelias degalų taupymo technologijas: degalų garinimą ir vandens skaidymą į vandenilį ir deguonį, panaudoti impulsinius režimus, plazminius reiškinius“, – kuria intrigą Edmundas. Iš užmojų nepanašu, jog sukūrę prietaisą, padedantį efektyviau naudoti degalus, Edmundas ir jo mokiniai nurimtų, nes mintys ir svajos yra tas vidinis variklis, kuris veikia nenuilstamai.

Misija – geresnė Lietuva

Mokytojo Edmundo tikrai neišgirsi sakant tokių frazių: „kur ritasi pasaulis?“ arba „jau tas jaunimas šiais laikais...“ Fizikos mokytojas tvirtina, jog mokiniais visada reikia džiaugtis. Visi jie geri, protingi ir nuostabūs. Tiesiog jiems reikia padėti susikurti savo pasaulio sampratą, paskatinti ieškoti būdų, kaip padaryti savo gyvenimą geresnį, patogesnį.

Pasak mokytojo, įdomiau dirbti su kūrybingais mokiniais, nes tas, kurio galva prikimšta tik formalių žinių, gali nepriimti kitokios informacijos, jį sunku sudominti kuo nors nauju. Tad mokytojui tenka pramušti tokį formalų žinojimą, kuris yra tam tikri šarvai. Tik pirmoką, antroką, pasak Edmundo, dar labai lengva sudominti, jis tokių šarvų neturi ir yra atviras...

„Mūsų mokymo tikslas yra ne tik suteikti žinių, bet ir išugdyti žmogų. Mes visi kaip skruzdėlytės nešame po šapelį į skruzdėlyną, kurį vadiname Lietuva. Aš manau, jog iš tiesų kas nors iš to turėtų išeiti, kad tik mūsų būtų daug ir visi dirbtume nuoširdžiai. Matysime kitokią Lietuvą, geresnę, laimingesnę, turtingesnę“, – svarsto mokytojas. Taigi tokia, anot mokytojo Edmundo iš Mastaičių, neapsiribojanti vien dalyko žinių perdavimu, yra mokytojo misija.

[1] Ketvirtoji *Idėjų mugė* įvyko 2010 metų gruodžio 13–15 dienomis.

Mokytojavimas pagal fizikos dėnius

Gražina Radzvilavičiūtė

Kauno jėzuitų gimnazijos fizikos mokytoja ekspertė Rigonda Skorulskienė ir gyvenime vadovaujasi fizikos dėsniais: veiksmas lygus atoveikiui, o tai, kiek nuveikiame įvairiais gyvenimo tarpsniais, pasirodo, lemia energijos tvermės dėsnis. Kalbant apie Rigondą galima sakyti, jog absoliutusis laikas tikrai neegzistuoja: gal kai kas per seminaro pietų pertrauką spėtų tik sriubos užvalgyti, bet energinga kaunietė per tą patį laiką spėja dar ir *Idėjų mugėje* apsilankyti, darbus apžiūrėti ir... duoti interviu *Jaunajam tyrėjui*.

Laimėjus kelialapį į Europos mokytojų forumą (su kolege R. Pilinkiene)

Iš R. Skorulskienės asmeninio albumo

Jeigu reiktų save apibūdinti keliais žodžiais, ką apie save pasakytumėte?

Visada bėgu, visada esu keliose vietose. Man neegzistuoja įvykių vienalaikiškumas ir buvimas vienoje erdvės vietoje. Kad ir dabar – aukoju seminaro pertrauką, kad galėčiau užsukti į kitą renginį.

Tai gal buvote hiperaktyvus vaikas?

Ne, buvau labai normalus vaikas. Kaip sakoma, egzistuoja energijos tvermės dėsnis: jeigu vaikystėje neišsilieji, tai turi padaryti vėliau.

Ar norėjote būti mokytoja?

Kadangi mano mama buvo mokytoja, aš nuo vaikystės, dar pradinėse klasėse, pati ruošiausi ja tapti. Kai paaugau, supratau, kad mokytoja aš būti nenoriu. Žinojau du dalykus: kad fizikos gyvenime man tikrai nereikės ir kad aš tikrai nebūsiu mokytoja.

Bet kaip tada viskas apsivertė?

Visi dalykai mokykloje man sekėsi vienodai gerai. O fizikos man prireikė dvyliktoje klasėje, kai nusprendžiau, kad būsiu fizikė pagal išskaičiavimą. Mat norėjau dirbti mokslinį darbą – ką nors atrasti, sukurti, žodžiu, dirbti laboratorijoje. Rinkausi: matematika – per daug sausa, chemija – per daug pavojinga, todėl pasirinkau fiziką. Ją studijavau Vilniaus universitete.

Ir kaip sekėsi studijos? Paragavote mokslinio darbo?

Į universitetą atvažiavau iš Kelmės, papuoliau į labai stiprią grupę. Gavau rimtą psichologinę traumą: visur buvau geriausia ir viską žinojau, o čia ėmiau ir atsidūriau vos ne prie „perestukinų“[1]. Reikėjo poros metų, kad pajusčiau žemę po kojomis, pasivyčiau kolegas ir tapčiau normalia studente.

O sąlygos buvo puikios. Ir savo mokiniams sakau, kad Lietuvoje yra puikus Vilniaus universitetas. Kad ir dabar: vienas mano mokinys, *Idėjų mugės* dalyvis, nori važiuoti studijuoti į užsienį, o aš jam sakau, kad viskas, ko reikia, yra VU Fizikos fakultete. Jame turėjau galimybę dirbti mokslinį darbą, daryti tai, ką noriu.

Tačiau dabar esate mokytoja...

Tai atskira gyvenimo istorija. Jau buvau baigusi studijas, kai Lietuva atgavo nepriklausomybę. Mano planai, susiję su fizika, sužlugo, mokslas tada buvo ne pats svarbiausias dalykas. Specialistų niekur nereikėjo, o keliose darbovietėse nepriėmė vien todėl, kad buvau neseniai ištekėjusi. Tais krizės laikais ėjau ten, kur tik buvo galima nueiti ir taikyti savo žinias.

Išvažiavau į Kauną, – taip ir išėjo, kad esu mokykloje ir dėstau fiziką. O juk kadaise sakiau, kad nei fizikos man reiks, nei mokytoja būsiu.

Koks pirmaisiais metais jums pasirodė pedagogo darbas? Kaip jam pasirengėte?

Pedagogo darbas man nebuvo kažkas naujo. Vaikystėje labai daug laiko praleisdavau pas mamą pamokose. Dar turėjau pionierių vadovės praktikos. Taigi į mokyklą ėjau žinodama, ką darysiu. Kita vertus, manau, kad tai yra įgimta, atsinešama į pasaulį. Įvairiose situacijose aš net negalvoju, ką daryti, kažkaip iš karto tai žinau.

Sakėte, kad buvote rami mokinė. Reiškia, nebuvote mokytojams iškrėtusi kokios šunybės?

Ne, nei bėgau iš pamokų, nei ką blogo krėčiau. Aš buvau labai labai labai gera.

Kokie yra jūsų mokiniai?

Jie yra geri. Taip nebūna, kad jie man krėstų kokius piktus pokštus. Mokinius aš laikau savo jaunesniaisiais draugais. Gerbiu kiekvieną. Kai susipažįstame su septintokais, sakau: „Aš dar nieko blogo tau nespėjau padaryti, tu man irgi, mes esame draugai.“

[1] Perestukinas – animacinio filmo „Neišmoktų pamokų šalyje“ herojus.

Prisiminkime, egzistuoja trečiasis Niutono dėsnis – veiksmas lygus atoveikiui. Jei mokinys nesimoko, yra nedrausmingas, jokios mano draugystės jis negali tikėtis.

O kas skatina nuolat ieškoti?

Viskas tarpusavyje labai glaudžiai susiję. Bet atidžiau pažvelgus turbūt svarbiausią vietą mano gyvenimo dėlionėje užimtų darbas su mokiniais. Į galvą ateina ir tokių minčių: siaubas, kiek laiko atima mokymas ir sąsiuvinių taisymas! Vien dėl to kartais norisi viską mesti. Bet turiu tokią aistrą – naująsias technologijas. Štai kad ir trečiojoje *Idėjų mugėje* atsidūrusi „Optivote“ sistema: tai buvo tik antras komplektas Lietuvoje, ir aš pradėjau jį naudoti. Nėra jokių metodikų, jokios medžiagos, man pačiai viską reikėjo sukurti. Aš išmokau tartis su vaikais: sumaniusi ką nors naujo, klausiu, kaip jiems yra geriau, ir išklausau jų nuomonės.

Kai pradedi kurti savo metodiką[2], pamatai: kad ir kaip besikeistų pedagogika, kad ir kiek atsirastų naujų autorių, viskas juda spirale. Man patinka jungti naujoves ir klasiką, perleisti per save ir pradėti taikyti.

Kas, Jūsų nuomone, yra mokytojas mokiniui?

Dauguma mokytojų mokiniui siekia būti šventa ir neginčijama tiesa. Mokytojas turi viską žinoti, viską valdyti. Visi turi veikti pagal jo planą, ir jeigu mokinys paklausia ko nors netikėto, tą minutę atsakymo nerandantis mokytojas labai susinervina: kaip jis gali nežinoti? To sunku atsikratyti. O aš savo mokiniams sakau: neprivalau visko žinoti. Kai nežinau atsakymo, nebandau išsisukti, supykti. Be baimės atsakau, kad nežinau. Tada pasidomiu ir atsakau vėliau.

Ir veiklą planuoju kartu su vaikais. Galima spėti, kokia veikla kuriam vaikui yra priimtina, tačiau galima su jais ir pasitarti. Taigi mokytojas, mano manymu, yra koordinatorius, patarėjas, organizatorius, o ne tas, kuris stovi centre, o mokiniai – aplink jį. Vaikai turi būti centre, o aš turiu patarti, kaip ką galima padaryti, turiu kontroliuoti ir vertinti. O įvertinimas turi susidėti iš to, kaip mokinys pats save įvertina, kaip jį įvertina draugai ir mano įvertinimo.

Turbūt neverta klausti, ką veikiate laisvalaikiu? Tikriausiai jo nelabai turite?

Dirbu. Mano mėgstamas pasakymas skamba taip: „Galų gale atostogos – galėsiu rimtai dirbti.“ Šiaip mėgstu skaityti knygas, – tačiau nebeskaitau, nes neturiu kada. Mėgstu rankdarbius, bet nepamenu, kada paskutinį kartą rankose laikiau virbalus arba vąšelį. Labai mėgstu keliauti. Pasistengiu padaryti taip, kad per metus tektų išvykti bent į vieną kelionę.

O kiti pomėgiai yra vienaip ar kitaip susiję su darbu. Kad ir technologijos. Sunku net suprasti, ar čia poilsis, ar darbas. Neatsilieku nuo mokinių ir daug laiko sugaištu socialiniuose tinkluose.

Kaip veikia jūsų socialinis tinklas? Ar mokiniai dažnai Jums rašo?

Daug laiko atima bendravimas jame. Dar ne visi mokiniai drįsta man rašyti, bet tiems, kurie išdrįsta kad ir dvyliktą valandą nakties paklausti ko nors iš užduotų uždavinių, atsakau, padedu. Socialiniai tinklai padeda geriau pažinti mokinius, jų pomėgius. Yra daug mokinių, kurie laisviau bendrauja virtualiojoje erdvėje, o ne pamokoje. Be to, ir tiriamųjų darbų procesas be virtualiosios aplinkos neįsivaizduojamas. Mokinį konsultuoju abiem *patogiu* laiku, kai niekas netrukdo, kartais ir po vidurnakčio, kol kuris iš mūsų neužmiega...

Anksčiau dirbau tik su vyresniais mokiniais, o šiais metais mokau ir penktokus. Tai man tikras malonumas: aš patiriu tiek gerų emocijų, tiek padarau atradimų, taip džiaugiuosi jais!

Mano auklėtoja pasakojo, kad jos dukra sykį pasakė, jog mes iš jos atimame mamą. O kaip į Jūsų atsidavimą darbui reaguoja sūnus?

Oi, mano sūnus visada skundžiasi dėmesio stoka. Jis būtent tokiais žodžiais ir sako: „Aš noriu tavo dėmesio.“ Iš tiesų, šeima nukenčia. Dažnai manęs nėra namuose, o jei esu – man reikia dirbti. Prie kompiuterio sėdinčios mamos vaizdas, ko gero, vaikui jau yra įprastas. Tačiau aš esu tokia mama, kuri ir per trumpą laiką sugeba duoti daugiau negu kitos mamos, būdamos nuolat šalia. Kai kartą paryčiu grįždami iš

Tyrėjų nakties kalbėjomės, paklausiau sūnaus, ar jis norėtų tokios mamos, kuri visą laiką būtų namuose, vien tik darytų valgyti, lygintų kelnes, baltinius? Pasirodo, jam tokia neįdomi – geriau tokia, su kuria galima kur nors nuvažiuoti ir daug nuveikti.

Ko Jūs dar tikėtumėtės iš savo darbo?

Norėčiau dar labiau viską susisteminti. Kai apmąstau, atrodo, kad visi mano darbai tarsi sueina į vieną. Bet praktiškai būna taip, kad skirtingos veiklos kertasi. Tad stengiuosi, kad viena veikla papildytų kitą.

O ko palinkėtumėte mokiniams?

Sėkmės, išvermės ir, svarbiausia, entuziazmo.

Dėkoju už pokalbį.

Belaukiant Saulės užtemimo

Iš R. Skorulskienės asmeninio albumo

[2] Apie savo mokymo metodus Rigonda Skorulskienė pasakojo *Jaunojo tyrėjo* pirmajame numeryje.

Leidžiu klysti

Dalia Ignatjeva

Vaikystėje patirtas rugsėjo pirmosios laukimo jausmas niekur nedingo. Ir dabar šios šventės Panevėžio Juozo Balčikonio gimnazijos informatikos vyresnioji mokytoja Renata Burbaitė laukia su nerimu. Juk nauji mokslo metai – tai naujos idėjos, kalnai darbų, didžiuliai užmojai ir daug energijos, kuria norisi pasidalyti su mokiniais.

Iš R. Burbaitės asmeninio albumo (skulptūros autorius R. Kvintas)

Kaip kartais tampama mokytojais...

Vienų nuo vaikystės puoselėjamos svajonės apie studijas pradeda pildytis po mokyklos baigimo, kitų – kur kas vėliau. Mokytoja Renata visada norėjo studijuoti gamtos arba tiksliuosius mokslus, o į Vilniaus universiteto Fizikos fakultetą atvedė matematikos mokytojos patarimas: „Ten, kur yra eksperimentas, bus įdomiau.“ Šiandien informatikos mokytoja teigia, kad eksperimentas išties yra pats įdomiausias dalykas. Dar mokykloje atrastas tyrimo džiaugsmas, prasidėjęs upelio apylinkių augalų rinkimu ir sisteminimu, tęsėsi studijuojant fiziką (nors ir teko pamiršti išsvajotą biofiziką, nes tokių studijų Lietuvoje tuo metu nebuvo), o vėliau stiprėjo dirbant „Ekrane“, gaminusiame elektronikos prietaisus. Į klausimą, kaip tapo mokytoja, Renata šypsodamasi atsako: „Iš reikalo.“ Bankrutavus „Ekranui“, ji nutarė padirbėti mokykloje. Ir štai jau turimas dvylikos metų pedagoginio darbo stažas rodo, kad begalinį norą eksperimentuoti, mokytis ir perduoti žinias kitiems puikiai galima įgyvendinti mokykloje. Pirmiausia mokytoja Renata dirbo profesinėje mokykloje, vėliau katalikiškoje, o dabar gimnazijoje. Nors ji sako, kad gimnazijoje neklaužadų nėra, tokių mokinių turėjo. „Svarbiausia išsiaiškinti, kas vaikui patinka. Kai tai žinai, gali skirti užduotį, susijusią su jo pomėgiais, ir jis ims dirbti. Mokykloje reiktų ne kuo daugiau žinių mokiniams įkalti, bet parodyti mokslo grožį.“

Svajonės pildosi

Bedirbdama mokykloje Renata panoro įgyti dar vieną specialybę. Galbūt dėl to, kad tuo metu fizikos mokytojų buvo užtektinai, o gal tiesiog dėl būdo – nenurimti ir nuolatos mokytis. Domėjimasis informatika virto informatikos magistrantūros studijomis, kiek vėliau ir informatikos dėstymu mokykloje, o dabar dar ir doktorantūros studijomis Kauno technologijos universitete. Ir kas paneigs, kad svajonės pildosi? „Apie doktorantūrą svajojau dar dirbdama „Ekrane“. Man patiko darbas laboratorijoje, įvairūs matavimai.“ Renata neslepia, jog nuspręsti studijuoti doktorantūroje nebuvo paprasta: „Iš tos baimės viską pasikartojau.“ Nerimui išsisklaidžius, Renata pajuto mokymosi džiaugsmą. Jį mokytoja ir nori perduoti savo mokiniams. „Norėčiau, kad mokiniams mokytis būtų įdomu.“ Daktaro disertacijos tema glaudžiai susijusi su darbu mokykloje (mokytoja per kelis doktorantūros metus bandys atsakyti į klausimą, kaip palengvinti mokymąsi), todėl kad ir kaip viliotų galimybė visiškai atsiduoti mokslui ir tik mokslui, tai būtų neįmanoma.

Domėkitės viskuo

Sakysite, kiekvienam mokytojui atrodo, kad jo dėstomas dalykas pats svarbiausias? Tokiai nuomonei mokytoja Renata priešinasi: „Ką išmoksi, ant pečių nenešiosi.“ Dažnai nutinka, kad dalykai, kurie atrodė nesvarbūs, pasidaro svarbūs ir reikalingi. Taip yra ir su mokslais. „Jei dabar manai, kad ko nors nereikės, vėliau dažnai turi atrasti savarankiškai“, – tuo įsitikinusi pedagogė skatina mokinius domėtis ne tik informatika, bet, pavyzdžiui, ir literatūra. Mokytoja pastebėjo, kad nors programuotojai knygų bijo kaip velnias kryžiaus, mielai skaito tai, kas glaudžiai susiję su jų pomėgiais, darbais. Tai kodėl tuo nepasinaudojus...

O kaip pažinti mokinį? Žinodama, kad ne visi mokiniai drąsūs ir pasipasakoja apie tai, kas juos domina, mokytoja Renata per pamokas skatina pasidalyti sužinotomis naujienomis su kitais klasės draugais. Tai ne tik galimybė sužinoti ką nors naujo, bet ir labiau pažinti vieniems kitus.

Mokinių ir idėjų paieškos

Renata prasitaria, kad ypač daug džiaugsmo teikia projektinė veikla: „Su mokiniais padaryti ką nors naujo yra pats geriausias dalykas. Gera matyti, kad vaikui įdomu tai, ką jis daro. O kai sueina tokie žmonės, mokinys ir mokytojas, – rezultatai fantastiški.“ Kaip mokytoja suranda mokinį, dėl mokslo mielai aukojantį laisvalaikį? Na, botago Renata nesinešioja ir neslepia jo nei užantyje, nei po kompiuterio klaviatūra. Svarbu mokiniui pasiūlyti išbandyti save kaip kūrėją ir tyrėją. O darbų idėjos ateina kartu su mokiniu arba jam iš paskos – svarbu, kad tik noras būtų tą idėją pagauti ir įgyvendinti. Mokytoja Renata labai daug skaito ir viskuo domisi. Net tie keli doktorantūros studijų mėnesiai jau pamėtėjo labai gerų idėjų, dabar beliko tik jas įgyvendinti. O štai čia ir pats smagumas. „Tą pačią programą galima užrašyti keliais būdais. Ir kuo daugiau būdų mokinys randa, tuo man smagiau. Tik visada sakau: dviračio neišradinėkime. Surask geresnį problemos sprendimą, ir tai bus puiku.“ Mokytoja sako, kad kol neturėjo daug patirties, stengdavosi labiau padėti mokiniams, gal net kai ką už juos ir padarydavo. O dabar skatina mokinius dirbti savarankiškai ir leidžia jiems klysti: „Nurodau kryptį ir tegul dirba patys – tada daug geresnis rezultatas.“ Tik mokiniai būtinai turi pajusti sėkmės skonį. Ir visai nesvarbu, ar tu vaikas, ar suaugęs žmogus – kiekvieną darbą turėtų lydėti šūksnis *man pavyko*. „Gal profesoriui ir juokinga, kad studentas džiaugiasi nedidelio darbelio sėkme, bet iš patirties žinau, kad vaikui tai labai svarbu. O kai sekasi ir susiduri su sunkumais, norisi juos įveikti.“ Pasak mokytojos, mokiniai per mokslinių darbų konkursus įgyja ne mažiau patirties, nei juos darydami. O kaip vieną svarbiausių dalyvavimo ES jaunųjų mokslininkų konkurse privalumų mokytoja nurodo galimybę pamatyti, kaip idėja virsta produktu. Juk dažniausiai vieni žmonės idėjas kuria, kiti įgyvendina. O čia viskas tavo rankose.

Išbandymai mokytojui

Kuo šiandien būtų Renata, jei nebūtų mokytoja? Turbūt atsakytumėte iš karto – mokslininke, ir tai tiesa. „Dirbčiau kokioje laboratorijoje ir bandyčiau rasti atsakymą į svarbiausią klausimą – *kodėl?*“ Dėl Renatos begalinio smalsumo vargo turėjo ir jos mokytojai: „Jei ko nesuprasdavau, aiškindavausi iki galo.“ Iš tiesų, sėdint mokyklos suole, ypač pradinėse klasėse, net nekyla minčių, jog mokytojas gali ko nors nežinoti. Tik kai vieną dieną tampi tuo, į kurį žiūri daug smalsių akių, tikinčių, kad viską žinai, pasidaro neramu: „Mes tiek daug nežinome.“ Bet kaip tai pasakyti mokiniams? „Mūsų žinojimas ir nežinojimas yra kaip popieriuje nubrėžtas apskritimas: balta sritis – tai, ko nežinome, o juoda linija – tai, ką žinome. Kuo ilgesnė juoda linija, tuo didesnė balta sritis.“

Ar daug žinai ir sugebi išsisukti iš keblių situacijų, tenka pasitikrinti kone kiekvienam mokykloje pradėjusiam dirbti mokytojui (ir vėliau turi likti budrus!). Pirmąjį krikštą mokytoja Renata patyrė, kai mokiniai sukeitė klaviatūros ir pelės kištukus vietomis. Be įvairių pokštų mokykloje neapsieinama – ar įsivaizduojate, kokia būtų mokykla, jei ten mokytųsi paklusnūs, rimti ir tik žinių ištroškę mokiniai? Bekvapė! Juk visai smagu, kai tau apverčia monitoriaus ekraną ☺ Visada turi būti pasiruošęs netikėtumams ir jaunuolių išdaigoms. Be to, snausti neleidžia ne tik besikeičianti mokymo(si) programa, bet ir mokiniai: „Dabar mokiniai kitokie nei prieš septynerius metus. Jie daugiau žino, atėję į pirmąją informatikos pamoką jau turi darbo kompiuteriu įgūdžių. Ir tai smagu: pats turi mokytis, nes nenueisi su dešimties metų senumo konspektais ir neliepsi pasiskaityti.“

Gera būti mokytoju

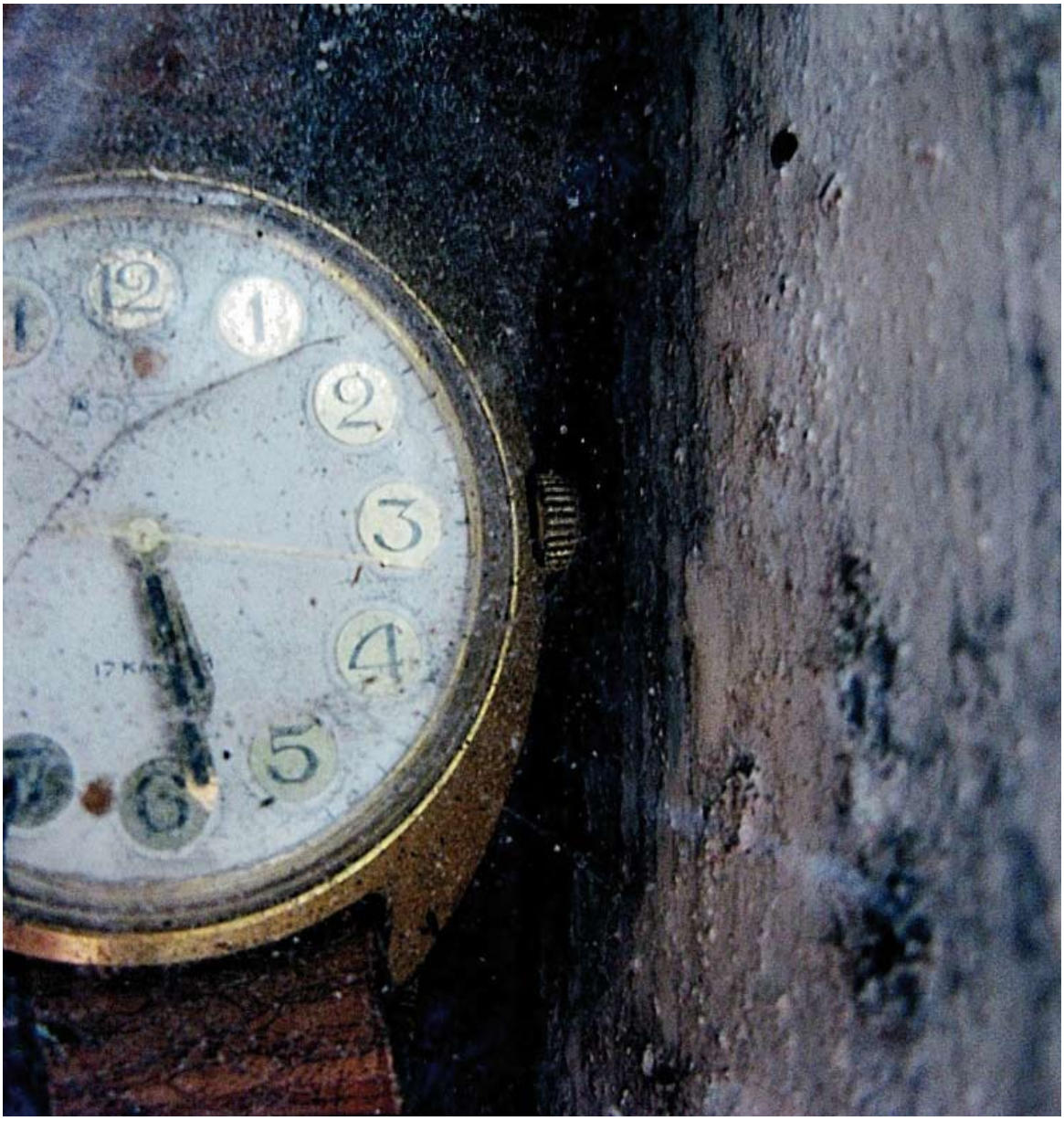
Ir nors Renata sako, kad mokytoja būti gera, neišvengiamos ir sunkios akimirkos. Išeidami į namus mokytojai ne visada sugeba mokykloje palikti tai, kas gadina nuotaiką ar net skaudina širdį. „Būna, kad jaudinuosi dėl mokinių. Jei vaikas nuliūdęs išėjo iš kabineto, svarstai, ar išties pasielgei teisingai.“ Nes būti mokytoju – tai ne tik parengti mokinį egzaminams, bet ir gyvenimui...

Iš R. Burbaitės asmeninio albumo

Atrask save laboratorijoje

Gintaras Valušis

Ir net jei galėčiau būti Šekspyru, galvoju, kad vis dėlto rinkčiausi būti Faradėjumi.
Aldous Huxley[1]



Elžbietos Jancevič nuotrauka

Pradėjome nuo Maiklo Faradėjaus (Faraday) ne tik todėl, kad jo garbei pavadintas elektrinės talpos vienetas faradas ir kad jis pirmasis pavartojo elektrinio ir magnetinio lauko sąvokas bei tyrė elektrinių, magnetinių ir šviesos reiškinių sąryšį. Bene didžiausias jo nuopelnas – elektromagnetinės indukcijos atradimas, o šis reiškinys yra visos elektrotechnikos pagrindas. Bet puikus eksperimentatorius (teigiama, kad jo moksliniuose dienoraščiuose aprašyta daugiau kaip 16 tūkstančių eksperimentų) neapsiribojo vien fizika – jis atrado benzeną ir suformulavo du pagrindinius elektrolizės dėsnius. Būdamas nepaprastai plačių mokslinių interesų Faradėjus kūrė

[1] Aldous Leonard Huxley (1894–1963) – anglų rašytojas ir filosofas.

Evelinos Daugelaitės nuotrauka

cheminės technologijos ir elektrotechnikos pagrindus. Ir kai paimame į rankas kokį nors dailų „sumanųjį“ daikčiuką, nesvarbu, ar tai būtų mobilusis telefonas, televizoriaus valdymo pultas, kompaktinių plokštelių grotuvas ar mikrobangų krosnelė, pagalvokime, kad kiekvienas iš jų yra įvairių mokslų ir technologijų pasiekimų rezultatas – pradedant daugybe cheminių medžiagų, fizikinių reiškinių ir baigiant įvairiais technologiniais sprendimais. Visa tai atsirado dėl intensyvios mokslo ir technologijų plėtros.

Mūsų šalyje yra daug aukšto lygio mokslininkų, ir jei bus sukurtos sąlygos efektyviai panaudoti jų gebėjimus ir kūrybiškumą, mūsų kraštas taps naujų kokybiškų produktų tėvyne. Džiugu, kad šios viltys jau pradėjo pildytis: trys stiprios šalies mokslo institucijos – Chemijos, Fizikos ir Puslaidininkių fizikos institutai telkdami savo mokslines pajėgas 2010 m. susijungė į Fizinių ir technologijos mokslų centrą (FTMC). Europos Sąjungos struktūrinių fondų parama steigiant Saulėtekio slėnį padės sukurti mokslinių tyrimų infrastruktūrą, būtiną sėkmingam Centro darbui, technologijoms ir fundamentiniams tyrimams Lietuvoje plėtoti.

Optoelektronika ir lazerių technologijos

Lietuvos mokslininkų lazerininkų tiriamieji darbai ir sukurti produktai gerai žinomi tarptautinei mokslo visuomenei. Vienas iš lazerių tyrimo ir kūrimo centrų yra FTMC. Centro darbuotojų taikomieji tyrimai tapo didžiausios šalyje lazerių technologijų įmonės *Ekspla* pagrindu. Šiandien šios įmonės produktai užima daugiau kaip pusę pasaulinės pikosekundinių lazerių rinkos, ji vienintelė pasaulyje gamina SFG [angl. S(um) F(requency) G(eneration) – *suminio dažnio generavimas*] spektrometrus medžiagų paviršiui tirti. FTMC ir *Ekspla* toliau glaudžiai bendradarbiauja kurdami naujas lazerių sistemas, optoelektronikos įtaisus ir darinius. Vienas tokių pavyzdžių – nevienalyčiai bangolaidiniai optiniai dariniai iš mikrostruktūrizuotų fotoninių kristalų (dariniai iš periodiškai pasikartojančių mažo ir didelio šviesos lūžio rodiklio sričių) ir šviesolaidžių. Naudojant tokios neįprastos struktūros darinius galima valdyti optinius reiškinius bei lazeriuose vykstančius procesus.

Optoelektronika yra mokslo ir pramonės šaka, grindžiama puslaidininkinių medžiagų gebėjimu versti šviesos signalus elektriniais, o elektrinius – šviesos signalais. Jai suklestėti padėjo sparti medžiagų inžinerijos plėtra. Pagrindinis norimų savybių medžiagų gamybos instrumentas – molekulių pluoštų epitaksijos[2] įrenginys. Juo naudojantis galima užauginti nanometro storio reikiamų savybių puslaidininkių sluoksnius. Optoelektronikos laboratorijos mokslininkai, vadovaujami prof. Arūno Krotkaus, sukūrė naują medžiagą GaBiAs (galio bismidas arsenidas; ji dar vadinama „GaBi“) ir „privertė“ ją generuoti

[2] Technologija, naudojama nanometrų storio puslaidininkių sluoksniams bei jų dariniams auginti.

Mariusos Morkevičiūtės nuotrauka

0,1–10 terahercų (1 THz = 10^{12} Hz) dažnio bangas tam panaudodami vieno mikrometro bangos ilgio spinduliuotę skleidžiantį kitos lietuviškos bendrovės *Šviesos konversija* femtosekundinį lazerį *Pharos* (jis pagal techninius parametrus neturi analogų pasaulyje). Optoelektronikos laboratorijos mokslininkai sėkmingai komercializavo savo unikalią sistemą, o produktams gaminti įkūrė bendrovę *Teravil*. Jos ir *Šviesos konversijos* bendromis pastangomis atsirado pasauliniu mastu unikalus prietaisas – kompaktiška naujo tipo terahercų dažnių srities spektroskopinė sistema. Ji, kaip pagrindinis komponentas, gali būti taikoma kuriant saugos sistemas. Manoma, kad terahercų dažnio srities vaizdo kameros sukūrimas iš esmės išspręstų daug saugos sistemų problemų. Panašiai kaip parduotuvėse optinė CCD [angl. C(harge) C(oupled) D(evice) – krūvinės sąsajos įtaisas] akis leidžia stebėti, kas vyksta prekybos salėje, terahercų dažnio spinduliuotės vaizdo kamera leistų pastebėti po drabužiais ar pakuotėse paslėptus pavojingus nemetalinius daiktus ar sprogmenis. Oro uostų, pašto ar kitų svarbių objektų saugos sistemos taptų praktiškai neįveikiamos piktavaliams žmonėms. Kol kas tokia kamera dar nesukurta, bet FTMC mokslininkai bendradarbiaudami su kolegomis iš Monpeljė (Montpellier; Prancūzija) ir Frankfurto prie Maino (Frankfurt am Main) sukūrė diodinę sistemą, kuri kambario temperatūroje „mato“ daiktų vidų, ir įrodė, jog nanometriniai lauko tranzistoriai be specialių antenų gali būti panaudoti vaizdams užrašyti kambario temperatūroje 2,54 THz dažnio bangomis. Manoma, kad tokios vaizdo kameros bus naudingos ne tik saugos sistemoms, bet ir gerokai išplės medicinos diagnostikos galimybes, pavyzdžiui, diagnozuojant ankstyvosios stadijos odos vėžį. Taigi, jei po metų kitų skrisite lėktuvu ir jus tikrins ne tik metalo detektoriais, bet ir terahercų dažnio jutikliais, pagalvokite, kad toje saugumo sistemoje gali būti ir mūsų Centro mokslininkų sukurtų komponentų ar netgi prietaisų. Ir jei jums pasidarė įdomu, yra galimybių sužinoti dar truputėlį daugiau, o gal net įsitraukti į šią veiklą jau dabar.

Branduolio fizika ir radioekologija

Mūsų šalies teritorijoje ilgą laiką veikė Ignalinos atominė elektrinė. Šiandien ji sustabdyta, bet ketinama statyti daug modernesnę ir saugesnę. Todėl Lietuvoje branduolio fizikos ir aplinkos radioaktyvumo tyrimai ir toliau bus labai svarbūs.

FTMC yra vienintelė Lietuvos mokslo institucija, kur eksperimentiniais branduolio fizikos metodais atliekami fundamentiniai ir taikomieji tyrimai. Vadovaujant prof. Vidmantui Remeikiui tiriami radioaktyviųjų virsmų procesai ir efektai (virsmų tikimybės, spinduliuotės spektro ir intensyvumo priklausomybė nuo branduolio apsupties sąlygų ir kt.), nagrinėjami jų ryšiai su branduolių hipersmulkiąja sąveika[3], taip pat jų panaudojimas Mesbauerio (Mößbauer) spektroskopijos[4] problemoms spręsti. Pastarasis metodas sėkmingai taikomas sudėtingų puslaidininkių (binarinių junginių, kietųjų tirpalų ir kt.) bei feroelektrikų[5] tyrimuose, medžiagų ekspertizėje.

FTMC branduolio fizikos specialistai nuveikė tikrai daug. Jie pirmieji nustatė radionuklidų, esančių įvairiose aplinkose, skilimo spartos skirtumus. Tokiems tyrimams buvo sukurti originalūs eksperimentiniai metodai, kurie ir toliau sėkmingai plėtojami. Mokslininkai neapsiriboja vien tik eksperimentu – teoriškai tiriama įvairių veiksnių įtaka procesams, vykstantiems branduoliuose. Dabartiniu metu pagrindinis dėmesys skiriamas Mesbauerio izomerinio poslinkio[6] kalibravimo problemoms spręsti, naudojant eksperimentinius metodus, kurie grindžiami elektrono pagavimo[7] tikimybės pokyčio matavimu.

Branduolinės energetikos perspektyva neatsiejama nuo šiuolaikiniais moksliniais tyrimais pagrįstos ilgalaikės, branduolinę bei radiacinę saugą aplinkai ir žmogui garantuojančios radioaktyviųjų atliekų tvarkymo, perdirbimo ir saugojimo technologijų plėtros. Planuojama, kad naujos (jau ketvirtos) kartos reaktoriai (nuo 2020 m.) bus ekonomiškesni, saugesni, atitiks visus branduolinių medžiagų neplatinimo reikalavimus. Branduolinė energetika glaudžiai susijusi su branduolio, neutronų, reaktorių, branduolinių medžiagų fizika, radioekologija. Taigi veiklai šiose srityse yra labai reikalingi jauni darbštūs žmonės.

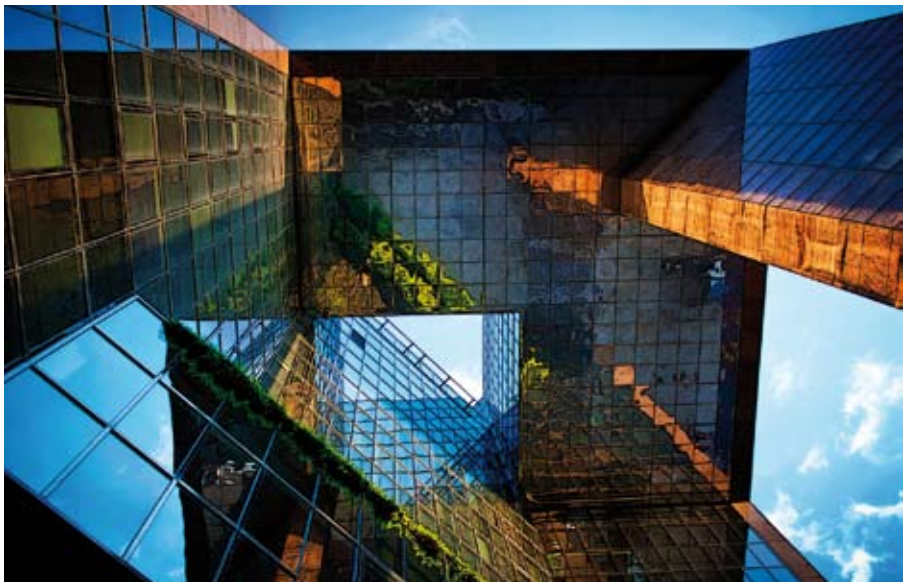
[3] Branduolių magnetinių ir kvadrupolinių momentų sąveika su juos supančių elektronų magnetiniais ir elektriniais laukais.

[4] Mesbauerio reiškiniu (gama spinduliuotės kvantų sugertis ir emisija kristalo atomų branduoliuose, kai atatrankos energija lygi nuliui) pagrįstas kristalinių medžiagų atomų branduolių, jonų, cheminių ir biologinių sistemų kompleksų tyrimo metodas.

[5] Medžiagos, kurios tam tikrame temperatūros intervale savaime poliarizuojasi – jų teigiamieji ir neigiamieji krūviai pasislenka į priešingas puses; medžiagoje susidaro vienalytės savaiminės poliarizacijos sritys (domenai).

[6] Izomerinis poslinkis – gama spinduliuotės spektro linijų poslinkis dėl atomo branduolio elektrostatinės sąveikos su elektronais.

[7] Atomo branduolio savaiminis radioaktyvusis pakitimas, kai branduolys pagauna elektroną iš savo atomo elektroninio apvalkalo.



Marko Vasilkovo nuotrauka

Organinė chemija ir bionanotechnologijos

Organinės medžiagos kasdienybėje mums gali asocijuotis su maišeliais prekėms – patogiais ir pakankamai stipriais joms nešti, lanksčiais ir nepraleidžiančiais vandens. Ir turbūt sunku įsivaizduoti, kad tokia medžiaga galėtų būti laidi elektros srovei. Juk dauguma šiuolaikinių izoliacinių medžiagų, pavyzdžiui, elektros laidų ar kabelių izoliaciniai sluoksniai, gaminami iš įvairių polimerinių medžiagų. Tokia nuomonė vyravo iki 1977 metų, kai trys mokslininkai: amerikiečiai A. G. Makdirmidas (MacDiarmid) ir A. Dž. Higeris (A. J. Heeger) bei japonas H. Širakava (Shirakawa), susintetino pirmą laidųjį polimerą – polivinileną. Už šį atradimą autoriams buvo suteikta 2000 metų Nobelio chemijos premija. Atrodytų neįtikima, bet specialiai paruošto polivinileno laidumas yra artimas metalų laidumui. Taigi, tokio tipo medžiagos gali būti plačiai pritaikytos, kad ir spausdintinėms elektronikos prietaisų plokštėms gaminti. Be elektrinio laidumo, šiems polimerams būdinga gal net svarbesnė savybė – gebėjimas kaupti elektros krūvį. Tokios medžiagos yra pagrindinė prof. Alberto Malinausko vadovaujamos grupės darbų tema. Svarbių rezultatų gauta tiriant laidžiųjų polimerų ir savitvarkių, net ir vienos molekulės storio, sluoksnių elgseną Ramano spektroskopijos bei elektrochemijos metodais. Siekiama pagaminti darinius, tinkamus jutikliams, nes laidžiųjų polimerų elektrinis laidumas priklauso dar ir nuo to, kokios medžiagos yra adsorbuotos ant jų paviršiaus. Iš polimero elektrinės varžos (laidumo) pokyčio galima spręsti apie įvairių medžiagų buvimą ore. Naudojant laidžiuosius polimerus ir neorganinių junginių kompleksus kuriami jutikliai gliukozei, laktatui ir kitoms biologiškai svarbioms medžiagoms nustatyti. Prof. A. Malinauskas taip juos apibūdina: „Elektrai laidūs polimerai yra naujos, neseniai ir netikėtai atrastos cheminės medžiagos, pasižyminčios ypatingomis savybėmis, nebūdingomis jokioms kitoms dirbtinai sukurtoms medžiagoms. Jų neįprastos savybės žadino ir tebežadina mokslininkų, inžinierių ir technologų vaizduotę. Todėl galima tikėtis, kad laidieji polimerai ir ateityje susilauks didelio dėmesio ir bus plačiai taikomi.“ Ir čia vėl galima prisiminti M. Faradėjų – pasakojama, kad kartą Didžiosios Britanijos ministras pirmininkas aplankė M. Faradėjų laboratorijoje ir užtikęs jį eksperimentuojant su indukuotąja srove paklausė: „Kokia nauda iš šio atradimo?“ O M. Faradėjus atsakęs: „O kokia nauda iš naujagimio?“ Laidieji polimerai ir jų tyrimai yra tinkama sritis naujam faradėjui gimti.

Molekulinės biofizikos ir cheminės fizikos itin madinga ir „karšta“ mokslinė tematika – dinaminiai vyksmai baltymuose, polimeruose ir tvarkiuosiuose molekuliniuose dariniuose. Tai tarsi įvairių mokslų santaka, kuriai reikia ir plataus požiūrio, ir nepaprastai didelio žinių bagažo, taip pat įvairių tyrimo metodų taikymo. FTMC Molekulinių darinių fizikos skyrius visa tai turi – prof. Leono Valkūno ir jo grupės teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai pripažinti šalyje ir užsienyje. Svarbiausios tyrimų kryptys: fotosintezė, krūvininkų fotogeneracija[8] ir rekombinacija[9] organinėse sistemose; solvatacijos reiškiniai ir krūvio pernašos reakcijos; šviesos sukelta protonų ir jonų pernaša baltymuose. Tyrimai atliekami femtosekundžių (1 fs = 10^{-12} s) trukmės diapazone, o tai – elektronų, branduolių ir atomų dinamikos molekulėse vyksmų trukmės skalė. Jei, tarkime, atomas „bando“ nutraukti savo ryšius molekulėje, jam tai pavyksta toli gražu ne iškart, o tik po daugelio milijonų bandymų... Pažymėtina, jog daugelis reakcijų vyksta tarsi nuosekli elementarių dinaminių vyksmų seka. Todėl norėdami suprasti, kaip vyksta cheminė reakcija, turime gerai suvokti kiekvieno iš tų sudėtinių žingsnių, vykstančių šimtų ar net dešimčių femtosekundžių trukmės skalėje, detales. Turimos eksperimentinės galimybės bei vyksmų modeliavimo patirtis leidžia tikėtis, jog visa tai galima bus panaudoti ir kitose mokslo srityse, pavyzdžiui, biologijoje ir medicinoje. Biologinės sistemos yra labai sudėtingos, tad tolesnę jų tyrimų raidą gali nulemti kompleksinių sistemų fizikos plėtojimas. Šios srities korifėjai R. Markusas (Marcus) ir A. Zevailas (Zewail) buvo apdovanoti Nobelio premija. Kodėl gi nepabandžius atsistoti šalia jų?

Elektrocheminė medžiagotyra ir funkcinių medžiagų technologijos

Turbūt dažnas pasakys, kad blizgia danga padengtas metalas yra gerokai gražesnis už ne taip blizgantį – tačiau tai nėra pagrindinė priežastis, dėl ko jie taip „išgražinami“ – daug svarbiau, kad metalų savybės nepakistų „nedraugiškoje“ aplinkoje ir būtų išvengta jų korozijos. Tam jie nikeliuojami, chromuojami ar dengiami kitokiomis apsauginėmis dangomis. Taigi, korozija yra metalų ar jų lydinių irimas dėl agresy-

[8] Krūvininkų atsiradimas nuo šviesos poveikio.

[9] Įvairiaženklių krūvininkų išnykimas jiems susidūrus.

Tado Motiejūno nuotrauka

vios aplinkos poveikio. Ją sukelia deguonis, atmosferos ir vandens teršalai, mikroorganizmai, šviesos poveikis, mechaninės deformacijos. Manoma, kad šiandien pasaulyje egzistuoja tik 30 % metalų fondo, sukurto per visą žmonijos istoriją, o kitus milijardus tonų metalų sunaikino korozija. Ypač reikia prižiūrėti svarbius ūkio objektus, pavyzdžiui, įvairius vamzdynus, elektros linijas, geležinkelius, tiltus, transporto priemones ir kita. Ekspertai apskaičiavo, kad korozijos sukelti nuostoliai didesni negu potvynių ir gaisrų sukeltieji. FTMC mokslininkai kovoja su korozija ne tik siūlydami tradicines nikeliavimo ir mikroakytojo chromavimo[10], cinkavimo ar kadmiavimo technologijas – prof. Eimučio Juzeliūno grupė tam naudoja SQUID[11] magnetometriją. Pagrindinė šių tyrimų idėja remiasi prielaida, kad korozijos metu egzistuoja nesubalansuoti elektronų (jonų) srautai, kuriuos galima aptikti jautriais superlaidininkiniais magnetometrais SQUID ir per nuotolį identifikuoti elektrocheminį sistemos aktyvumą.

Kitas svarbus dalykas – išsiaiškinti, ar metalų korozija priklauso nuo jų struktūros ypatumų. Ypatingas dėmesys skiriamas cinko lydinių nanostruktūrizuotoms galvaninėms dangoms gauti ir jų savybėms nagrinėti. Sukūrus korozijai atsparius cinko lydinius, būtų galima atsisakyti chromatavimo[12] ir išvengti nuodingų Cr(VI) junginių naudojimo. Elektrochemikų sukurtos originalios brangiųjų metalų regeneravimo ir gryninimo technologijos padeda išspręsti nemažai aktualių aplinkos apsaugos problemų. Todėl naujų elektrocheminių ir kitokių neardomųjų medžiagų tyrimo metodų bei naujų medžiagų technologijų kūrimas yra perspektyvus ir šaliai svarbus uždavinys.

Fundamentiniai tyrimai

Jokie taikomieji tyrimai ar technologijų ir inovacijų kūrimas neįmanomi be fundamentinių tyrimų – tvirto pagrindo, nuo kurio ir prasideda pažinimas. Centre esminius gamtos pažinimo klausimus gvildena Fundamentinių tyrimų skyriaus mokslininkai.

Kad suprastum, kas yra chaosas, reikia pradėti nuo įprasto dalyko, apie kurį kasdien girdime žinių laidose – tai orų prognozė. Oro srautų judėjimą nusako netiesinių diferencialinių lygčių sistema, kurios sprendinys labai priklauso nuo pradinių sąlygų tikslumo: užtenka tūkstantąja procento dalimi pakeisti pradines sąlygas ir gausime visiškai kitokius sprendinius. Tą pastebėjo chaoso teorijos klasikas E. N. Lorencas (Lorenz), ir jo išvada buvo liūdna: ilgalaikė (daugiau kaip savaitės) orų prognozė iš principo neįmanoma dėl pradinių sąlygų, pagal kurias pradedame prognozuoti, neapibrėžtumo. Taigi, net jei ir labai tiksliai žinosime visus orų kitimą valdančius dėsnius, bet negalėsime tiksliai (o tai iš principo neįmanoma) nusakyti pradinių sąlygų, prognozė jau po poros dienų skirsis nuo tikrovės. Todėl kai sinoptikų numatymai nepasitvirtina, nesipiktinkite ir būkite atlaidūs – tiesiog tokie yra chaoso dėsniai. Taigi iškyla klausimas, ar chaotinė sistema gali būti valdoma?

FTMC mokslininkas prof. Kęstutis Pyragas sukūrė originalų chaoso valdymo metodą, pagrįstą uždelstojo grįžtamojo ryšio principu. Šis 1992 m. paskelbtas metodas[13] atnešė autoriui pasaulinę šlovę (mokslinėje literatūroje darbas jau cituotas daugiau kaip 1500 kartų, aprašytas vadovėliuose) ir vadinamas *Pyragas method* vardu. Chaoso reiškiniai yra universalūs, pavyzdžiui, ligonio chaotinis kraujospūdžio kitimas, Parkinsono liga sergančio žmogaus chaotiškas

[10] Chemijos instituto mokslininkų sukurta blizgiojo cinko dangų bespalvio chromavimo technologija buvo įdiegta (1976–1978 metais) net 68 tuometinės SSRS gamyklose.

[11] SQUID [angl. S(uperconducting) Q(uantum) I(nterference) D(evice) – superlaidusis kvantinis interferometras] – labai jautrus prietaisas ypač silpniems magnetiniams laukams matuoti.

[12] Cheminis arba elektrocheminis metalų paviršiaus apdorojimas chromatų tirpalais.

[13] Pyragas K. 1992, Continuous control of chaos via self-controlling feedback. *Phys. Lett. A,* 170, 421.

pirštų drebėjimas ir... net akcijų rinkų svyravimai gali būti nagrinėjami chaoso tyrimo metodais. Ši tyrimų sritis tokia plati ir įvairi, kad kiekvienas norintis ir ieškantis čia gali rasti savo kelią.

Sakoma, kad galbūt mūsų Visata yra tik paprasčiausia vakuumo fliuktuacija, o tankio fliuktuacijos kosmologiniame debesyje nulėmė galaktikų likimą. Įvairiuose prietaisuose fliuktuacijos sukelia triukšmus, su kuriais prietaisų kūrėjai stengiasi „kovoti", t. y. kiek įmanoma juos susilpninti. Tačiau triukšmai gali būti ir naudingi, nes iš jų galima daug ką pasakyti apie nepusiausviruosius reiškinius, pavyzdžiui, puslaidininkio krūvininkų relaksaciją. FTMC mokslininkų, vadovaujamų prof. Arvydo Matulionio, sukurta aukštadažnių triukšmų metodika leido detaliai ištirti labai sparčius karštųjų elektronų vyksmus puslaidininkinėse medžiagose ir jų dariniuose. Šie vyksmai lemia tranzistorių ir kitų prietaisų veikimo spartą ir patikimumą mikrobangų ir aukštesniųjų dažnių srityje. Tokie tyrimai svarbūs didelės galios elektronikos ir net... elektromobilių tobulinimui.

FTMC mokslininkai neapsiriboja jau tapusiais tyrimų kasdienybe šiuolaikinės fizikos nano-, mikro- ir makroobjektais – jie neužmiršta pažiūrėti ir į dangų, kur dominuoja megasistemos: Saulės sistema ir kitos planetų sistemos, žvaigždės ir jų spiečiai, Galaktika ir kitos galaktikos. Prof. Vlado Vansevičiaus vadovaujami Centro astrofizikai daugiausia dėmesio skiria žvaigždžių spiečių ir galaktikų tyrimams, o svarbiausias jų tikslas – nustatyti galaktikų diskų sandaros ir evoliucijos dėsningumus, leidžiančius geriau suprasti procesus Saulės sistemos aplinkoje (Galaktikos diske), bei jų įtaką gyvybės fenomenui Žemėje. Šiuos procesus taip pat sąlygoja chaoso ir fliuktuacijų reiškiniai, todėl jų visumos tyrimas leis išplėsti pasaulio pažinimo ribas.

Atrasti save laboratorijoje

Mokslas ir technologijos nuo M. Faradėjaus laikų labai pasikeitė, nors dar nepraėjo nė 200 metų. Per tą laiką mokslas visiškai pakeitė civilizuotų tautų gyvenimo ir netgi mąstymo būdą, požiūrį į pasaulį, lėmė kai kuriuos moralės ir etikos pokyčius. Mus supantis pasaulis iš esmės nepakito: Saulė kaip tekėjo, taip ir teka rytuose ir leidžiasi vakaruose, vanduo esant 101,325 kPa slėgiui tebeužšąla 0 ir užverda 100 Celsijaus laipsnių temperatūroje. Tik iš esmės pasikeitė žinios apie jį. Senovės žmonės nežinojo, kodėl šviečia Saulė, kad jos šilumą neša infraraudonieji spinduliai, o odos įdegis priklauso nuo ultravioletinių spindulių; vargu ar jų vaizduotėje galėjo šmėkščioti 109°30′ kampu vandens molekulėje išsidėstę atomai... Šiandien mes tai žinome, ir mokslui vystantis sužinosime dar daug įdomių dalykų. Mūsų Centro mokslininkas prof. A. Krotkus yra taikliai pastebėjęs: „Fizikos ir matematikos žinios šiuolaikinėje visuomenėje turi būti tokios pat svarbios ir visiems privalomos, kaip ir asmens higienos taisyklės." Fizinių ir technologijos mokslų centras – didelė erdvė mokslinei veiklai ir reali galimybė atrasti faradėjų savyje. Ir save – laboratorijoje.

Ir labai svarbu, kad ta mokslinė, technologinė ar išradybinė veikla teiktų džiaugsmo. Centre dirba daug įžymių mokslininkų, įrodžiusių, kad ir mažytėje Lietuvoje galima padaryti didelių dalykų. Tad semtis išminties, mokslinės patirties ir žinių, taip pat ir eksperimentinių gudrybių tikrai yra iš ko – juk ne veltui *Google* mokslinė naršyklė http://scholar.google.lt kviečia „Atsistokite ant milžino pečių!"

Straipsnis iliustruotas Lietuvos mokinių fotografijos konkursų dalyvių darbais

Gintarės Baltūsytės nuotrauka

Lazerinė daugiafotonė fotopolimerizacija – mikro- ir nanodarinių gamybos įrankis

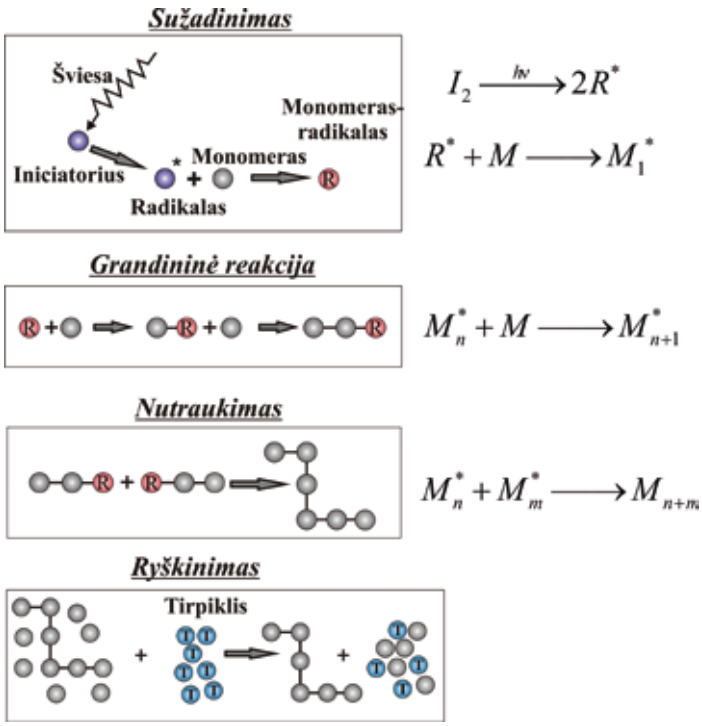
Gabija Bičkauskaitė, Mangirdas Malinauskas

Mažiems trimačiams dariniams, kuriems būdingos tam tikros mechaninės, optinės ir elektrinės savybės, sukurti reikalinga speciali technologija. Mikro- ir nanodydžio įtaisai būtini mikroelektronikos, mikrooptikos, fotonikos[1], biomedicinos (audinių inžinerija bei regeneracinė medicina) plėtotei (Li, Fourkas 2004). Gaminant mažų matmenų darinius sunaudojama kur kas mažiau medžiagų, energijos, laiko, o tokių elementų sistemos yra kompaktiškesnės bei efektyvesnės, jos lemia ir naujų technologijos šakų, pavyzdžiui, optofluidikos[2], atsiradimą.

Vienas iš mikrodarinių formavimo būdų yra tiesioginis lazerinis rašymas[3]. Jis paremtas smarkiai sufokusuoto lazerio spinduliuotės pluošto poveikiu medžiagai (fotopolimerui, puslaidininkiui, metalui ar keramikai; Lewis, Gratson 2004). Tokiu spinduliuotės pluoštu veikiant skaidrų fotopolimerą galima suformuoti bet kokios geometrinės formos erdvinį darinį: norimo periodo fotoninį kristalą (darinį iš periodiškai pasikartojančių mažo ir didelio šviesos lūžio rodiklio sričių), reikiamo židinio nuotolio mikrolęšį, tam tikro gylio ir pločio mikrokanalą, mikroadatas ir kita. Fotoninis kristalas gali būti naudojamas šviesos srautui valdyti, o mikrometrų didumo Frenelio (Fresnel) lęšiais, suformuotais tiesiai ant šviesolaidžio galo, fokusuojama šviesa. Mikro- ir nanokanalai naudojami skysčių savybėms mažame tūryje tirti bei cheminėms reakcijoms valdyti. Specialiais mikroadatų masyvais galima neskausmingai suleisti vaistus ir labai tiksliai dozuoti jų kiekį. Visi šie elementai gali būti gaminami taikant lazerinę daugiafotonę fotopolimerizaciją (LDFP).

LDFP remiasi daugiafotone šviesos sugertimi[4] monomere (junginyje, kurio molekulės gali jungtis tarpusavyje ar su kito junginio molekulėmis ir sudaryti polimerą – didelės molekulinės masės junginį). Apšviestoje (eksponuotoje) medžiagos srityje vyksta polimerizacijos reakcija (1 pav.) – monomerai jungiasi vienas su kitu ir susidaro polimeras. Fotopolimerizacijos reakcija vyksta taip: fotopolime-

[1] Mokslo šaka, nagrinėjanti elektromagnetinės spinduliuotės (jos kvantai yra fotonai) generavimą ir naudojimą.

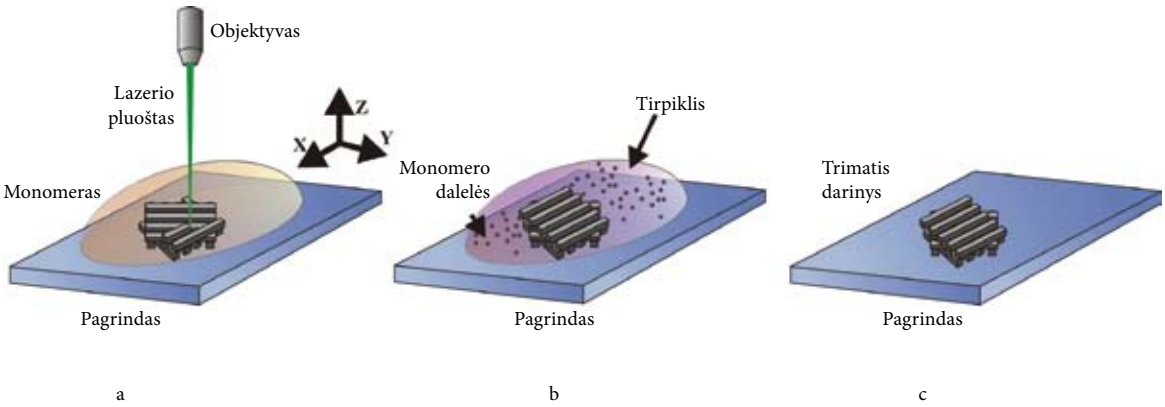


1 pav. Fotopolimerizacijos reakcija ir ryškinimo procesas

[2] Mokslo šaka, nagrinėjanti šviesos ir skysčių dinaminę sąveiką.

[3] Šviesai jautrios medžiagos paviršinis ar tūrinis modifikavimas (taškas po taško) smarkiai sufokusuotu lazerio spinduliuotės pluoštu.

[4] Procesas, kai medžiagos dalelė (atomas, jonas, molekulė) vienu metu sugeria du ar daugiau fotonų. Medžiagos dalelė sužadinama ir pereina iš vieno energijos lygmens į kitą; tų lygmenų energijos skirtumas lygus sugertų fotonų energijai.



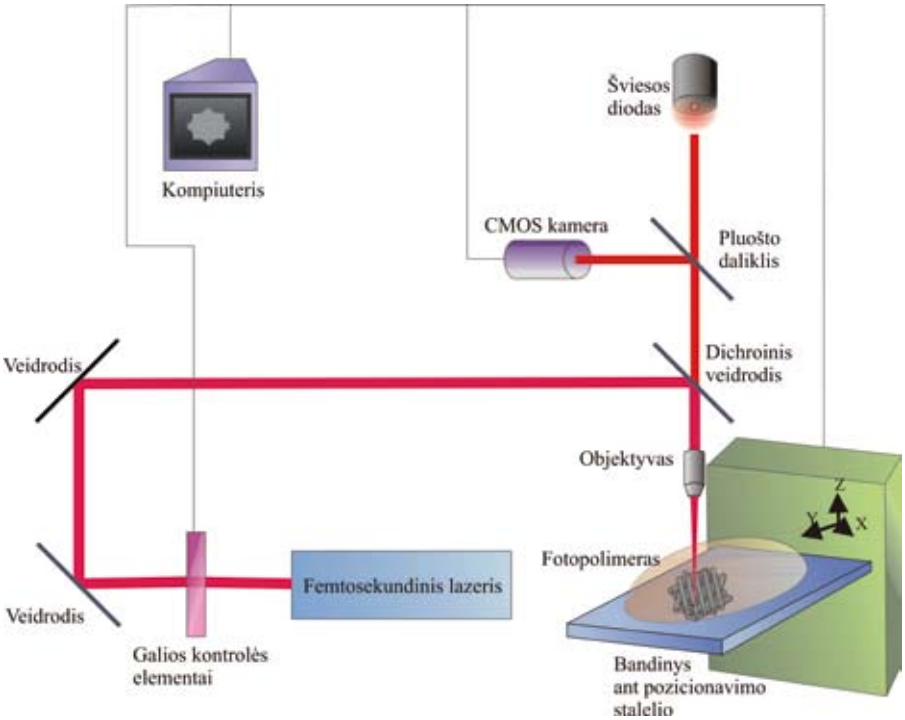
2 pav. Mikrodarinio formavimas ir ryškinimas: a – trimačio darinio formavimas, b – ryškinimas, c – trimatis darinys

re esančio šviesai jautraus polimerizacijos iniciatoriaus (fotoiniciatoriaus) molekulė nuo krintančios šviesos poveikio skyla į dvi molekules, turinčias po nesuporuotąjį elektroną. Nesuporuotąjį elektroną turinti molekulė jungiasi su monomeru ir susidaro laisvasis radikalas. Grandininei reakcijai vykstant toliau prie jo prisijungia kita monomero molekulė, grandinė auga ir susidaro polimeras (Schnabel 2007).

Medžiagą veikiant femtosekundžių trukmės (1 fs = 10^{-15} s) lazerio spinduliuotės impulsais vyrauja daugiafotonė sugertis. Tokia sugertis vyksta tik tam tikrame tūryje, todėl ir medžiaga paveikiama šviesa tik tam tikroje srityje. Šios srities dydis priklauso nuo šviesos intensyvumo ir medžiagos atsako į jos poveikį. Mažiausias daugiafotonės fotopolimerizacijos trimačio formavimo tūris vadinamas *vokseliu* (angl. *volumetric pixel*). Taigi naudojant LDFP technologiją vokselis po vokselio galima formuoti įvairius mikrodarinius iš šviesai jautrios medžiagos.

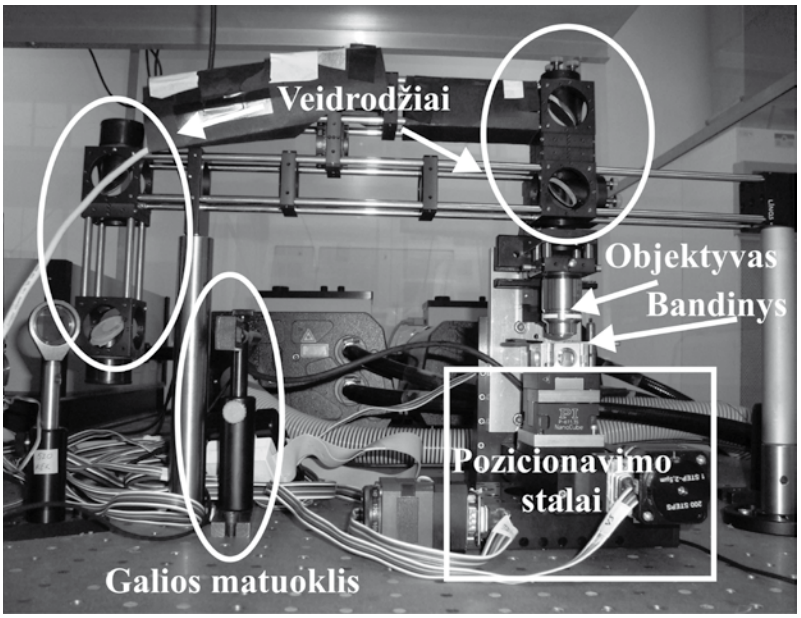
Šviesai jautrios medžiagos, pavyzdžiui, fotopolimerai, iš kurių LDFP būdu gaminami mikro- ir nanodariniai, pasižymi skirtingu mechaniniu tvirtumu, adhezija[5], optiniu skaidrumu ir lūžio rodikliu, biologiniu suderinamumu ir biologiniu skaidumu. Suformuoti darinį, beveik idealiai atitinkantį kompiuterinį modelį, galima keičiant medžiagų sudėtį, reikiamu santykiu maišant sudedamąsias medžiagas ar įterpiant į jas nanodalelių.

Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centro (LTC) Nanofotonikos grupė tiria ir taiko lazerinės daugiafotonės polimerizacijos technologiją (Malinauskas et al. 2010a; Žukauskas et al. 2010). LTC įrengtos dvi sistemos įvairiems dariniams formuoti LDFP būdu (LDFP sistemos dalis parodyta 2 paveiksle). Ultratrumpųjų šviesos impulsų (20–300 fs) ir medžiagos sąveika vyksta trumpiau negu šilumos pernaša, todėl galimas šaltasis medžiagos apdirbimas (Malinauskas et al. 2010c), kitaip tariant, medžiagą galima išgarinti jos neišlydžius. Bandinys, iš kurio LDFP būdu gaminamas trimatis darinys, paruošiamas keliais etapais. Pirmiausia, ant dengiamojo stiklelio užlašinamas fotopolimero lašas ir, jei reikia, pakaitinamas tam tikroje temperatūroje, kad išgaruotų jame esantis tirpiklis. Tada stiklelis su lašu pritvirtinamas ant pozicionavimo stalo, galinčio judėti nanometro ar kelių nanometrų dydžio žingsniu X, Y ir Z kryptimis (3 pav.). Parinkus reikiamą objektyvą, lazerio pluoštas sufokusuojamas į fotopolimero lašą ir keičiant



3 pav. Lazerinės daugiafotonės fotopolimerizacijos schema

[5] Susiliečiančių kūnų sukibimas dėl jų dalelių sąveikos.



4 pav. Lazerinių tyrimų centro LDFP sistemos dalis

bandinio padėtį, t. y. stumiant jį programoje numatyta trajektorija, polimerizuojamas norimos formos darinys. Procesą galima stebėti kompiuterio, į kurį patenka signalas iš kameros, ekrane. Po polimerizacijos bandinys merkiamas į tirpiklį, kuriame išryškinamas – tirpiklio vonelėje šviesos nepaveikti monomerai išplaunami ir lieka tik polimerinis trimatis darinys (4 pav.), nes jis netirpsta organiniame tirpiklyje. LTC sistemomis gaminami įvairūs mikroįtaisai: fotoniniai kristalai (pavyzdžiui, 2 μm periodo, 400 nm linijos[6] storio), fazinės gardelės, mikrolęšiai, Frenelio lęšiai, dvifunkciai optiniai elementai, trimačiai karkasai ląstelėms auginti (5 pav.). Iš žiedų suformuoti karkasai yra tokie lankstūs ir tvirti kaip grandininiai šarvai. Dvifunkciai optiniai elementai turi dviejų įprastinių optinių elementų savybes, pavyzdžiui, fazinės gardelės ir lęšio. Reikiamos formos ir porėtumo karkasai, ant kurių auginamos ląstelės, gaminami iš biologiškai suderinamų ir biologiškai skaidžių medžiagų. Ant karkaso, kurio struktūra panaši į kokio nors biologinio audinio skeletą, pasėtos kamieninės ląstelės gali diferencijuotis į to audinio ląsteles. Taip galima užauginti reikiamo tipo biologinį audinį, taikomą regeneracinėje medicinoje.

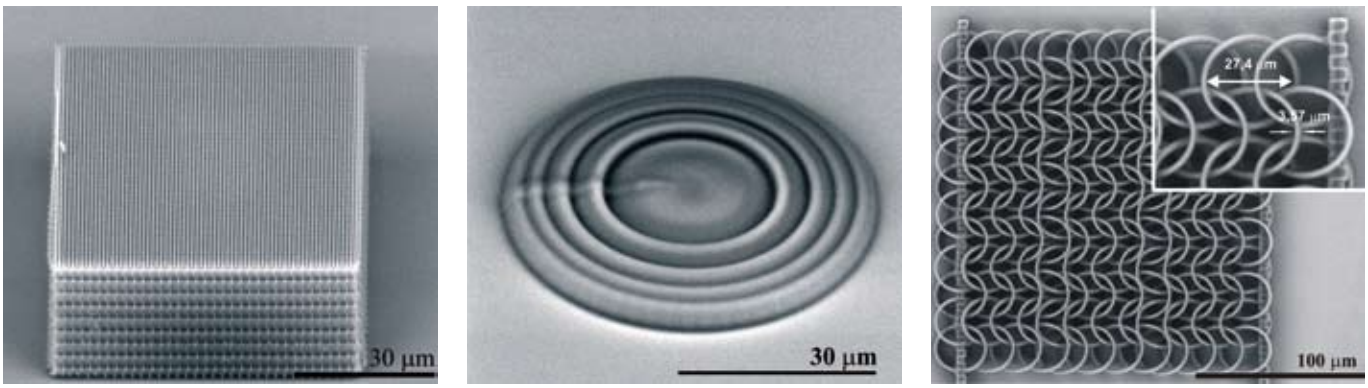
Bendradarbiaujant su Vilniaus universiteto Biochemijos institutu ir VU ligoninės Santariškių klinikų Širdies chirurgijos centru tiriamas ląstelių auginimas ant tokių karkasų (Malinauskas et al. 2010b). Kartu su mokslininkais iš Hanoverio lazerių centro (*Laser Zentrum Hannover*) ir FORTH[7] mokslo ir technologijų centro Heraklione nagrinėjamas naujos kartos hibridinio fotopolimero ORMOSIL (angl. *ORganically MOdified SILica*) biologinis suderinamumas, jo apdirbimas labai mažame tūryje (Ovsianikov et al. 2008). Lazerinių tyrimų centro Nanofotonikos grupė glaudžiai bendradarbiauja su Svinburno technologijos universiteto (*Swinburne University of Technology*, Melbourne) profesoriumi S. Juodkaziu – tiriamos LDFP taikymo galimybės mikrooptikoje ir optofluidikoje – naujoje sparčiai besiplėtojančioje mokslo šakoje.

Lazerinių tyrimų centre dirbantys bakalauro bei magistrantūros studijų programų studentai atlieka eksperimentus, da-

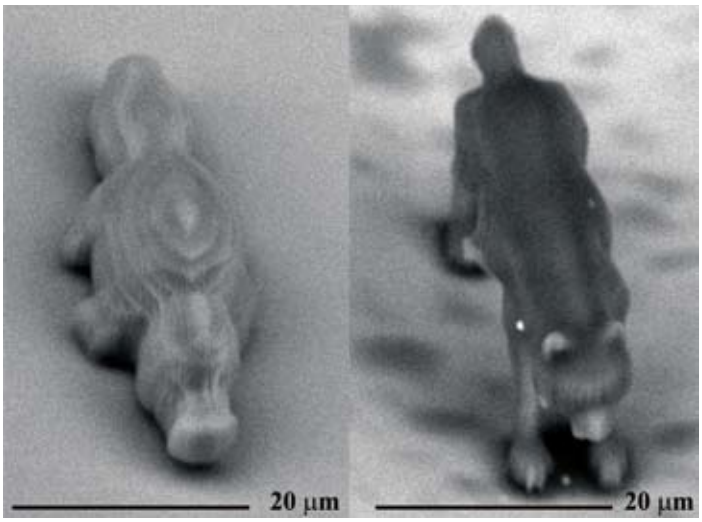
[6] Fotoninio kristalo parametras.

[7] The Foundation for Research and Technology-Hellas.

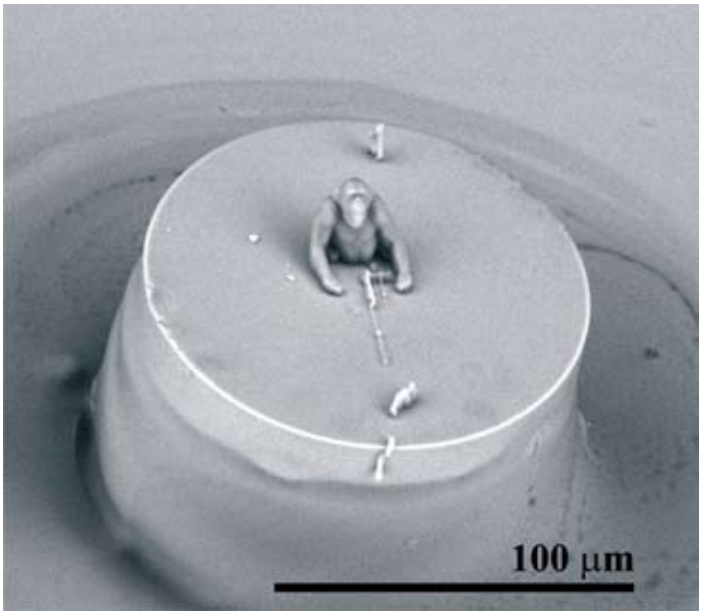
a b c



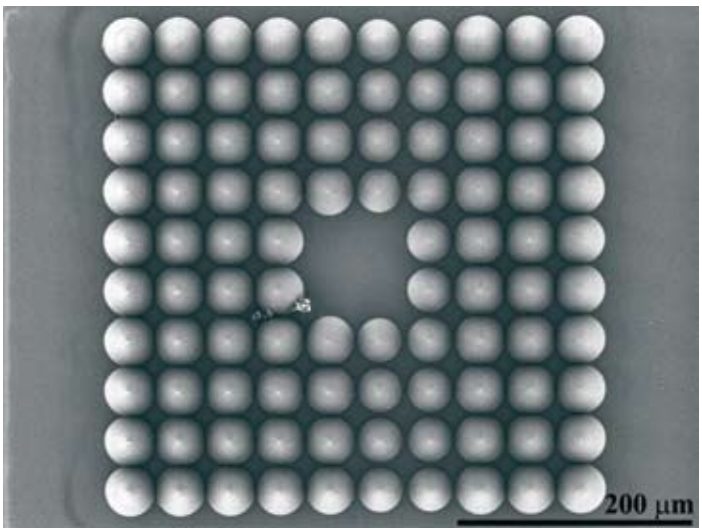
d



e



f



Autorių iliustracijos

5 pav. Lazerinių tyrimų centre LDFP būdu pagaminti dariniai: a – fotoninis kristalas, b – Frenelio lęšis, c – karkasas ląstelėms auginti, d – mikroskopiniai gyvūnai – ančiasnapis ir vilkas, e – mikrogorila ant šviesolaidžio, f – mikrolęšių masyvas

lyvauja Lietuvos ir tarptautinėse konferencijose, turi galimybę pasitobulinti ES šalių mokslo centruose. LTC vis plečiamas, įrengiamos naujos laboratorijos, kuriose bus galima naudotis naujausia ir pažangiausia technika.

Literatūra

Lewis J. A., Gratson G. M. 2004, Direct writing in three dimensions. *Mater. Tod.*, 7 (7–8), 32–39.

Li L., Fourkas J. T. 2004, Multiphoton polymerization. *Mater. Tod.*, 10 (6), 30–37.

Malinauskas M. et al. 2010a, Self-polymerization of nanofibres and nanomembranes induced by two-photon absorption. *Lith. J. Phys.*, 50 (1), 135–140.

Malinauskas M. et al. 2010b, 3D artificial polymeric scaffolds for regenerative medicine fabricated by femtosecond laser. *Lith. J. Phys.*, 50 (1), 75–82.

Malinauskas M., Žukauskas A., Bičkauskaitė G., Gadonas R., Juodkazis S. 2010c, Mechanisms of three-dimensional structuring of photo-polymers by tightly focused femtosecond laser pulses. *Opt. Express*, 18, 10209–10221.

Ovsianikov A. et al. 2008, Two-photon polymerization of hybrid sol-gel materials for photonics applications. *Las. Chem.*, ID 493059, 9–15.

Schnabel W., *Polymers and light. Fundamentals and technical applications*, Wiley, 2007.

Žukauskas A. et al. 2010, Organic dye doped microstructures for optically active functional devices fabricated via two-photon polymerization technique. *Lith. J. Phys.*, 50 (1), 55–61.

Moksliniai tyrimai – pagrindiniai įgūdžiai

Donatas Narbutis

Jaunojo tyrėjo antrojo numerio straipsnyje „Moksliniai tyrimai – pati pradžia“ kalbėjome, kad norint sėkmingai atlikti mokslinį tyrimą, būtini rimti motyvai ir nusiteikimas dirbti. Tikriausiai šių patarimų teisingumu jau įsitikinote. Dabar įsivaizduokite, kad jūsų darbas – tai ekspedicija nežinomai vietovei pažinti, o tam vien tik ryžto ir gerų norų nepakanka. Be anksčiau tyrėjų sukauptų žinių, žemėlapio ir kryptingų pastangų kompaso, dar reikia lenktinio peiliuko – įgūdžių rinkinio, kuris ypač pravers, kai susidursite su netikėtumais, pavyzdžiui, kai turėsite pasistatyti tiltelį, kad galėtumėte persikelti per žemėlapyje nepažymėtą upę. Beveik kiekviename tiriamojo darbo žingsnyje tokių netikėtumų iškyla, todėl turite būti įvaldę tai, kas leis pasitikėti savo jėgomis. Ir visai nesvarbu, ar dar tik planuojate ekspediciją, ar kaip tik dabar žiūrite į upę. Išsitraukite tiriamojo darbo užrašus ir pradėkime!

Kaip savęs neapgauti?

Tyrėjai stengiasi būti sąžiningi ir neapgauti kitų, tačiau lengviausia apgauti save. Juk pasiklysti galima neapgalvojus nors vieno žingsnio... Šiuolaikinėje laboratorijoje yra įvairių prietaisų, kuriuos norint panaudoti reikia išmanyti, kokiomis sąlygomis ir kaip jie veikia, suprasti, kokie šalutiniai veiksniai gali iškreipti matavimų rezultatus. Vieną kartą atlikti eksperimentą neužtenka, būtina jį pakartoti kelis kartus, kad įsitikintumėte, jog gaunate tokius pačius matavimų duomenis. Skelbiant tyrimų rezultatus, pavyzdžiui, aprašant konkursui pristatyti rengiamą darbą, svarbu pateikti kuo daugiau informacijos apie savo eksperimentą: ne tik kokiomis sąlygomis jis buvo atliktas ir kodėl jis yra teisingas, bet ir tai, kas, jūsų nuomone, galėjo jį padaryti ne visai teisingą, kaip dar būtų galima paaiškinti matavimų rezultatus. Būtina įvardyti šalutinius veiksnius, kuriuos pastebėjote darydami bandymus, ir kaip buvo išvengta jų poveikio matavimų rezultatams. Eksperimento eigą ir rezultatus reikia aprašyti labai išsamiai, kad kiti tyrėjai jais patikėtų, o norėdami – jį atliktų ir galėtų gauti tokius rezultatus, kokius gavote jūs darydami tą eksperimentą.

Minčių laboratorija

Ar darant mokslinį darbą būtina viską apgalvoti ir atlikti jį tiksliai, o dirbant laboratorijoje – laikytis saugaus darbo reikalavimų? Taip. Ar yra vieta, kur būtų galima pakvailioti? Žinoma, užeikite į savo asmeninę minčių laboratoriją. Joje telpa visa Visata, galite naudotis jau sukurtais ar dar net nesugalvotais prietaisais bei medžiagomis ir niekieno nevaržomi daryti kokius tik norite eksperimentus...

Norite aplenkti šviesą? Mintimis persikelkite į Andromedos galaktiką. Tam užtruksite tik sekundę – o šviesa iš jos iki mūsų sklinda ~2 mln. metų – visai nebloga sparta pirmajam eksperimentui ☺ Kitas bandymas – mastelio keitimas. Įsivaizduokite vandenilio atomą – protoną su aplink skriejančiu elektronu, o kitą akimirką – Saulę, kuri šviečia dėl jos centrinėje dalyje vykstančių termobranduolinių reakcijų. Pabandykite įvertinti, kiek tonų vandenilio Saulėje virsta heliu per sekundę. Tai nesudėtinga užduotis, jei susirasite reikiamus duomenis, be to, taip išmoksite atlikti sudėtingesnius veiksmus ir su labai mažais, ir su dideliais skaičiais.

Sakote, Saulė taip toli, kad šviesa iki Žemės sklinda net ~8 minutes, o jums įdomiau pamatyti, kaip šiuo metu dalijasi ląstelės augant plaukams ant jūsų asmeninės minčių laboratorijos? Norite suprasti, kaip veikia minčių laboratorija – įsivaizduokite milijardus neuronų, siunčiančių signalus vienas kitam. Pasidomėkite, kiek kartų Saulė didesnė už Žemę, kiek laiko užtruktumėte nuvažiuoti dviračiu iki Jupiterio, kiek virusų tilptų ląstelėje, kokio ilgio būtų DNR grandinė, jei sujungtumėte visų žmogaus ląstelių DNR, kiek kartų Saulė apsisuko aplink galaktikos centrą per savo gyvavimą. Toks paprastas žaidimas gali netikėtai atverti akis. Svarbiausia mintyse pažaisti su savo tiriamuoju objektu, nes tik tuomet galėsite jį suvokti. Kaip matote, jūsų minčių laboratorijai reikia tik žinių, šokolado ir vaizduotės lavinimo pratybų[1]. Paprasta, ar ne? Jūs esate minčių laboratorijos šeimininkai – nuo jūsų priklauso, ar joje bus našiai dirbama ☺

Tokie mintiniai eksperimentai leidžia sukurti vaizduotėje reiškinio modelį, o jį kurdami ir tikrindami susipažinsite su gamtos dėsniais. Į ką atkreipti dėmesį? Mintyse įsivaizduokite įvairius gamtos reiškinius. Jei ruošiatės daryti eksperimentą, pirmiausia jį atlikite mintyse: įsivaizduokite, kaip sumaišysite reagentus, kaip tirpale esančios dalelės sąveikaus viena su kita, kaip veiks matavimo prietaisas, kokiais fizikiniais dėsniais pagrįsti atliekami matavimai ir kokie šalutiniai veiksniai galėtų iškreipti matavimų rezultatus.

Jaunieji tyrėjai turi mokėti įvertinti atstumą, laiką, masę, mokėti palyginti skirtingų objektų savybes, mintinai atlikti apytikslius skaičiavimus. Pavyzdžiui, kokį atstumą nusklinda šviesa per vieną milijonąją sekundės dalį? Skaičiuojame: šviesos greitis – apytikriai 300 000 km/s (3×10^5 km/s arba 3×10^8 m/s), sklidimo laikas yra $1/10^6$ s (10^{-6} s), o kelio ilgis, kurį nusklido šviesa, reiškiamas greičio ir laiko sandauga: 3×10^8 m/s $\times 10^{-6}$ s, t. y. ~300 m. Rašome ženklą „apytiksliai“, nes skaičiuodami naudojome suapvalintą šviesos greičio skaitinę vertę. Ir patikriname matavimo vienetus – turi būti metrai. Neužtenka vien tik suskaičiuoti, skaičių būtina įsivaizduoti – susieti su žmogui suvokiamais dydžiais, pavyzdžiui, vienas ratas aplink mokyklos stadioną yra ~300 metrų.

Kai labiau pasitikėsite savo jėgomis, imkitės sudėtingesnio darbo. Įsivaizduokite, kad esate vienui vieni ir galite daryti bet kokius eksperimentus, tačiau nelabai išmanote gamtos dėsnius. Ką ir kaip darytumėte norėdami atrasti, pavyzdžiui, visuotinės traukos dėsnį ir išreikšti jį matematine formule? Iš pradžių neaišku, nuo ko pradėti, tačiau tokios treniruotės naudingos. Dažnai atradimai ir išradimai padaromi beveik tuo pačiu metu skirtinguose pasaulio kraštuose. Vadinasi, svarbu ne tai, kas padarė, bet kokiomis žiniomis remiantis tai buvo padaryta. Jei nedidelės talpos laikmenoje reiktų išsaugoti informaciją ateities kartoms, ką joje išsaugotume? Svarbiausia principai, kuriais mes atskleidžiame

[1] Plačiau skaitykite *Jaunojo tyrėjo* antrajame numeryje G. Beresnevičiaus straipsnyje „Kalbanti vaizduotės begalybė“.

gamtos dėsnius. O kaip mes sužinome, kad gamta veikia būtent taip, ir kiek patikimos šios žinios?

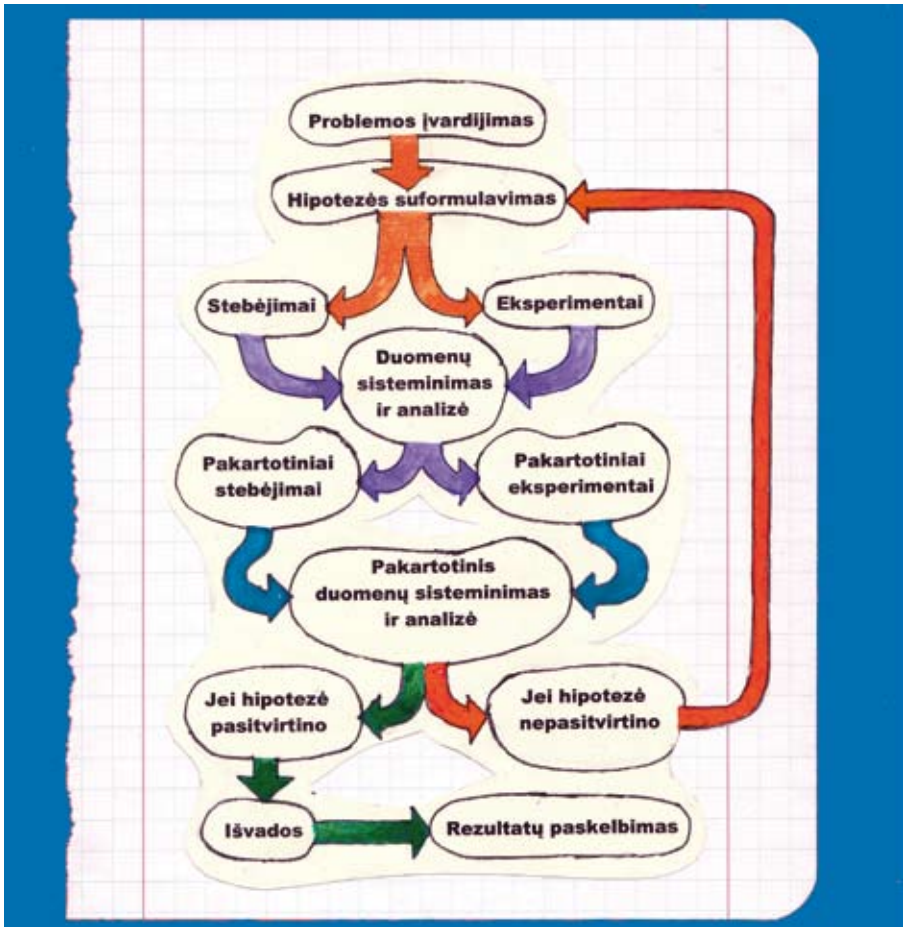
Mokslinis metodas

Patyrinėję, kaip žmonija evoliucionavo nuo akmens amžiaus, pastebime, kad žmonės visuomet ką nors kūrė ir tobulino. Remiantis gamtos dėsniais buvo kuriami įrankiai, o žinios, kaip visa tai padaryti, perduodamos iš kartos į kartą – štai kodėl reikia mokytis ☺ Akmens amžiuje buvo atrastas bandymų ir klaidų metodas. Įsivaizduokite, kiek kartų anų laikų tyrėjui teko nusimušti pirštus, kol pasigamino titnaginį gremžtuką. Šis „versija 1.0“ metodas yra tiesiog nepamainomas, o algoritmas „daryk, kol pavyks“ naudojamas ir šiais laikais, jei nesugalvojama protingiau. Po daugybės mėlynių buvo sumanyta, kad aklą bandymų seriją galima pakeisti moksliniu metodu „versija 2.0“, kurio esmė – „galvok – daryk – galvok“ – ir lėmė žmonijos pažangą. Galima pajuokauti, kad šiuo metu jau pradedama naudoti „versija 3.0“ – „ieškok *Google*“, tačiau bent jau artimiausiu metu hipotezės ir toliau bus kuriamos bei eksperimentiškai tikrinamos.

Darbo užrašuose nusibraižykite 1 paveiksle pavaizduotą žemėlapį ir juo naudokitės – taip žinosite, kurioje žemėlapyje pavaizduotoje vietoje esate, t. y. ką darote. Pirmiausia įvardykite mokslinę problemą. Pasirinkti įdomią per tam tikrą laiką išsprendžiamą problemą nelengva ne tik jauniesiems tyrėjams. Tai vienas sudėtingiausių mokslinio darbo etapų, kuriam reikia patirties ir intuicijos, – juk dar prieš pradedant darbą reikia nuspręsti, ar verta jo imtis. Todėl *Idėjų mugė* yra įdomi, kol neišgirstate pasiūlymo pagalvoti apie kitą idėją. Nesmagu, bet geriau pagrįstą kritiką išgirsti anksčiau, nei po metų sunkaus darbo atvykus į mokslinių darbų konkursą. Pasirinkite tai, kas jums įdomu, ką patys norite išsiaiškinti, pasitarkite su patikimais vyresniais kolegomis ir pasidomėkite, kaip tyrimų sritį pasirinko jums įspūdį darantys mokslininkai.

Pasirinkus problemą formuluojama hipotezė – išankstinis numatymas (ne aklas spėjimas!), kokius rezultatus eksperimento metu turėtume gauti. Kam ji reikalinga? Kai bandymus atliekame bandymų ir klaidų metodu, vienintelė informacija, kurią gauname po bandymo, yra *pavyko* arba *nepavyko*. Kai pradedame galvoti, kodėl bandymas nepavyko, imame ieškoti priežasčių ir stengiamės jas įvardyti. Reikia kuo tiksliau įsivaizduoti tiriamąjį reiškinį ir suprasti, kaip keičiant kurį nors dydį keisis kitas – matuojamasis dydis. Taip mintyse sukuriamas reiškinio modelis, siejantis abstrakčius dydžius ir leidžiantis apskaičiuoti, ką išmatuotume tam tikromis sąlygomis. Dažniausiai tiriamojo darbo tikslas yra vienas – patikrinti konkrečią hipotezę! Tikslui įgyvendinti keliami uždaviniai, todėl būtinai apgalvokite, ką išmatuosite, kokiomis priemonėmis ir sąlygomis tai padarysite, ir tiksliai įvardykite, ką tikitės gauti.

Patikrinti hipotezę galima dviem būdais – stebint arba eksperimentuojant. Stebėti reikia, kai tiriamojo objekto, pavyzdžiui, galaktikos arba natūraliomis miško sąlygomis gyvenančių kiškių, negalima tirti laboratorijoje. Idealiomis sąlygomis atliekant tyrimus keisti galima tik vieną dydį, o visus įmanomus pašalinius veiksnius reikia stengtis pašalinti. Dažnai daromi ir skaitmeniniai eksperimentai, kai modeliuojama sudėtingų sistemų dinamika ir ieškoma naujų sistemos savybių. Tačiau toks darbas bus išsamus tik tada, kai modeliavimo rezultatus palyginsite su stebėjimų duomenimis. Šiuo atveju stebėti patiems nereikia, galima pasinaudoti kitų tyrėjų duomenų archyvais. Skaitydami tyrėjų, kurie tuos duomenis gavo, ir tų, kurie jais jau naudojosi, straipsnius būtinai atkreipkite dėmesį į šių duomenų patikimumą. Nemanykite, kad iš bet kur paimtas duomuo yra teisingas ☺



1 pav. Mokslinio metodo žemėlapis. Kurio etapo darbus jūs atliekate?

JŪNOJO TYRĖJO ILIUSTRACIJA

Sakysite, mokslinis metodas tinka gamtos dėsniams atrasti, o jūs konstruojate robotus arba rašote programą. Šis metodas kaip tik jums. Tarkime, robotas nukrito nuo stalo ir nebeveikia. Matote nutrūkusius laidus. Hipotezė: sujungus nutrūkusius laidus, robotas pradės veikti. Darbo užduotis: sulituoti. Eksperimentinis patikrinimas: sujungus laidus robotas neveikia. Patikrinkite, kas dar galėjo sugesti. Spręsti problemas, kelti hipotezes ir jas tikrinti reikia tol, kol rasite tai, ko ieškote. Gal po visų bandymų paaiškės, kad pervargę ne taip sujungėte nutrūkusius laidus ir sudegė mikroprocesorius, kuris robotui nukritus dar veikė ☺ Šiame pavyzdyje pateiktą hipotezę patikrinti galima labai greitai, o gamtai pažinti reikia daug daugiau laiko. Nemažai jo sugaišite planuodami ir darydami eksperimentą bei analizuodami gautus duomenis, nors darbo principas yra toks pat.

Duomenų analizė yra svarbiausias tiriamojo darbo etapas. Tai, ką darėte iki jos, buvo paruošiamieji darbai, ir tik analizuojant duomenis paaiškėja, ar pasitvirtino jūsų hipotezė – ar tai, ką numatėte, sutampa su tuo, ką išmatavote. Šiek tiek nedrąsu ir padažnėjo pulsas? Taip ir turi būti, juk skelbiamas nuosprendis hipotezei ☺ Turite būti ypač atidūs: gal pastebėjote ką nors netikėto, ar matote tai, ko tikėjotės?

Retai kada hipotezė patvirtinama po pirmojo bandymo. Gal klaidingai atlikote eksperimentą ar į ką nors neatsižvelgėte? Tam išsiaiškinti reikia laiko ir užsispyrimo, tačiau būtina suprasti, dėl kokių priežasčių gavote ne tai, ko tikėjotės. Jei įsitikinote, kad eksperimentą atlikote teisingai, tenka atmesti hipotezę, kad ir kokia paprasta ir aiški ji iš pradžių atrodė. Atmesti ir sugalvoti naują! Nenusiminkite, juk jūs jau turite eksperimento duomenis ir galite kurti tikslesnį modelį. Šiems duomenims analizuoti sugaišite daug laiko, tačiau tik viską supratę galėsite formuluoti išvadas ir pateikti tyrimo rezultatus kitiems. Nuo idėjos suformulavimo ir hipotezės patikrinimo iki rezultatų paskelbimo gali praeiti daug laiko, tačiau reikia suspėti iki mokslinių darbų konkurso. Žemėlapis, pateiktas 1 paveiksle, padės suplanuoti darbus taip, kad liktų laiko moksliniam darbui aprašyti.

Ką gali pasakyti duomenys?

Duomenų analizė – tai įdomiausia ir atsakingiausia darbo dalis. Jai reikės daug daugiau laiko, negu atrodo iš pradžių. Kodėl? Gal teks pakartoti eksperimentą, nes aptiksite klaidą ar pastebėsite netikėtą duomenų priklausomybę ir norėsite įsitikinti, ar ji teisinga. Taigi rengiant darbą mokslinių darbų konkursui duomenų analizę reiktų pradėti likus bent trims mėnesiams iki darbo pateikimo. Juk reikia duomenis „prisijaukinti“. Tam būtina diagramose nusibraižyti visas įmanomas tiriamų duomenų priklausomybes. Jei analizei pritrūks laiko, skaitantiems darbą kils klausimų, į kuriuos turėjote atsakyti. Iš duomenų įmanoma ir būtina sužinoti tiek, kiek jie gali pasakyti.

Kosmoso įsisavinimo istorija būtų kitokia, jei 1986 metų sausio mėnesį Floridoje (JAV) būtų lankęsis jaunasis tyrėjas ir katinas Kaulas. Katinas būtų užlipęs ant „Space Shuttle“ erdvėlaivio[2] kabinos, o „Challenger“ laivo vadas, pro langą pamatęs ūsuotą snukutį, būtų pranešęs: „Susidūrėme su problema!“ Ir erdvėlaivis būtų nepakilęs, nes starto aikštelėje pašalinių neturi būti. Tiesą sakant, skrydį reikėjo atšaukti dar iš vakaro.

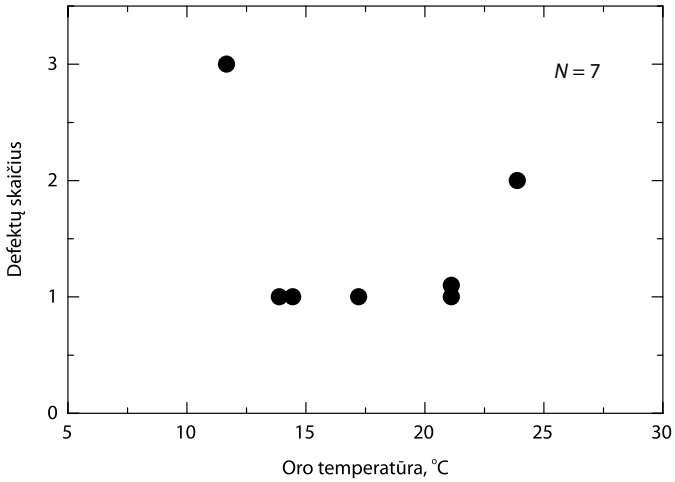
Tai turėjo būti 25-asis šio erdvėlaivio skrydis. Ar buvo galima išvengti jo sprogimo? Tai išsiaiškinti buvo sudaryta komisija[3]. Ji išstudijavo raketos pakilimo vaizdo įrašus, rodančius, jog dėl sprogimo kalta viena iš dviejų nešančiųjų kietojo kuro raketų, pritvirtintų prie centrinio kuro bako. Vaizdo įrašuose matyti iš raketos į šoną besiveržianti liepsna. Išanalizavus erdvėlaivio variklių darbą hipotezė pasitvirtino – erdvėlaivio kompiuteriai stengėsi išlaikyti numatytą skrydžio trajektoriją ir koregavo variklių darbą, kad būtų kompensuota nežinia iš kur atsiradusi papildoma stūma į šalį. Liepsna buvo nukreipta tiesiai į centrinį kuro baką, pripildytą skysto vandenilio ir deguonies. Praėjus 73 sekundėms nuo starto kuro bakas sprogo. Lyg ir viskas aišku, tačiau kaip galėjo pradegti nešančioji raketa? Gal buvo koks nors defektas? Daugkartinio naudojimo nešančiosios raketos „vamzdis“ sudarytas iš vieno į kitą įstatomų segmentų, užpildomų kietuoju kuru. „Challenger“ starto nuotraukoje tokių segmentų sujungimo vietoje buvo pastebėtas juodų dūmų debesėlis. Dūmai susidarė pradegus storos gumos žiedui, sandarinančiam segmentų sujungimo vietą.

Kodėl 24 kartus sėkmingai į kosminę erdvę pakilęs erdvėlaivis tąkart sprogo? Po kiekvieno starto NASA inžinieriai tikrindavo erdvėlaivio būklę ir matė, kad net po septynių šio erdvėlaivio skrydžių guminiai sandarinimo žiedai buvo apdegę. Norėdami įvertinti, ar tokie defektai galėtų pakenkti skrydžiui, inžinieriai išmatavo apdegusios gumos plotą ir defektų gylį ir pagal statistinį duomenų analizės modelį apskaičiavo gumos pradegimo tikimybę. Jie gavo atsakymą: tikimybė, jog guma visiškai pradegs, yra labai maža. Todėl inžinieriai priėjo prie išvados – raketa saugi...

Tai pavyzdys, kai duomenys, modelis ir rezultatai nebuvo susieti įžvalga. Reikėjo apskaičiuoti ne gumos pradegimo tikimybę, bet suprasti, kodėl guma apdega. Dar iki katastrofos inžinieriai tikrino, ar gumos defektų skaičius priklausė nuo oro temperatūros, kuriai esant erdvėlaivis pakildavo. Tačiau analizei duomenys buvo pateikti netinkamai, todėl niekas nejžiūrėjo, ką jie rodo. Jau po katastrofos sudaryta tyrimo komisija, norėdama įrodyti, kad starto išvakarėse skrydžio vadovams buvo blogai pateikti tyrimo duomenys, sudarė 2 paveiksle pavaizduotą diagramą. Joje matyti, kad guma apdega, kai prieš pakilimą yra vėsu arba karšta. Tačiau tai rodo tik dviejų startų duomenys. Be to, ir kiti penki diagramos taškai rodo po vieną defektą.

[2] Plačiau apie daugkartinio naudojimo erdvėlaivį galite pasiskaityti *Jaunojo tyrėjo* antrojo numerio straipsnyje „Tūkstantmetė raketos istorija“.

[3] „Challenger“ katastrofos tyrimo komisijos ataskaita, http://history.nasa.gov/rogersrep/genindex.htm



2 pav. Defektų skaičiaus priklausomybė nuo oro temperatūros prieš pakylant erdvėlaiviui; *N* – startų skaičius (diagrama nupiešta pagal komisijos ataskaitoje pateiktą pavyzdį[4]).

[4] Duomenys paimti iš E. R. Tufte, *Visual and Statistical Thinking: Displays of Evidence for Making Decisions*, Graphics Press, 1987.

Smalsiesiems

Kaip savęs neapgauti: R. P. Feynman „Cargo Cult Science“, *http://calteches.library.caltech.edu/51/2/CargoCult.pdf*

Objektų dydžių skalė: *www.scaleoftheuniverse.com*

Ląstelės gyvenimas: *www.xvivo.net*

Apie vaizduotę: *www.youtube.com/watch?v=v3pYRn5j7oI*

Apie eksperimentų džiaugsmus: *www.ted.com/talks/kary_mullis_on_what_scientists_do.html*

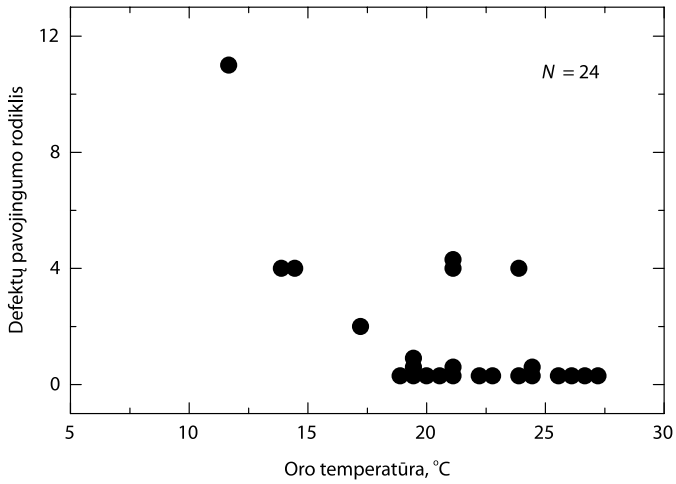
Mokslinis metodas: *www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/scientific-method-poster.pdf*

Paskutinis erdvėlaivio „Challenger“ skrydis: *www.youtube.com/watch?v=1hEh70BJAXM*

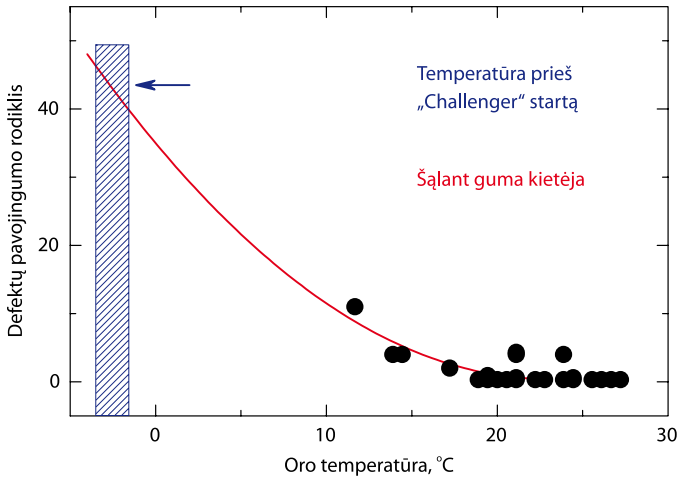
Kodėl buvo analizuojami ne visų dvidešimt keturių erdvėlaivio pakilimų duomenys, o nagrinėti tik septynių pakilimų, po kurių buvo aptikta defektų? Juk svarbu sužinoti, kokia buvo temperatūra, kai guma neapdegdavo. Oro temperatūra buvo matuojama prieš kiekvieną erdvėlaivio pakilimą, taigi negalima atsisakyti dalies duomenų prieš pradedant juos analizuoti, t. y. turėti išankstinę nuostatą dėl duomenų atrankos, šiuo atveju įvardijamą taip: „aiškinamės defektų priežastį, todėl domina tik tie duomenys, kai buvo atrasta defektų“. Žinomas ne tik defektų skaičius, apdegęs gumos plotas, bet ir kiek giliai ji apdegė, todėl kiekvienam skrydžiui galima suskaičiuoti defektų pavojingumo rodiklį, kurio priklausomybė nuo temperatūros pavaizduota 3 paveiksle. Matyti, kad, išskyrus tris skrydžius aukštesnėje temperatūroje (20–25 °C), po kitų 17 skrydžių pažeidimų neaptikta. Ir priešingai – kai erdvėlaivis pakildavo žemoje temperatūroje, atsirasdavo defektų, o pats pavojingiausias startas – esant 12 °C temperatūrai. Net ir nežinant priežasties galima įtarti, kad erdvėlaiviui kylant žemoje temperatūroje galimas pavojus. Kokia oro temperatūra buvo ryte prieš pakylant erdvėlaiviui „Challenger“? Maždaug –3 °C. Esant tokiai žemai temperatūrai guma sukietėjo, todėl tarp raketos metalinio korpuso ir gumos atsirado mikroskopinis plyšelis, prasiveržė karštos dujos ir guma pradegė.

Šiek tiek pakeiskime 3 paveikslą: nubrėžkime parabolę, kuri leistų įvertinti defektų pavojingumą esant tokiai žemai temperatūrai. Jei inžinieriai tokią diagramą (4 pav.) būtų parodę per pasitarimą starto išvakarėse, skrydis būtų atšauktas. Tačiau analizė nebuvo atlikta iki galo ir jos rezultatai nebuvo aiškiai ir vienareikšmiškai pateikti skrydžio vadovams, priimantiems sprendimą dėl erdvėlaivio pakilimo.

Tyrėjai ieškojo atsakymų į du klausimus: kokia tikimybė, kad guma visiškai pradegs, ir ar gumos apdegimas priklauso nuo oro temperatūros. Pirmasis klausimas buvo teisingas, bet nebuvo atsižvelgta į degimą sukeliančias priežastis, antrasis – taip pat teisingas, bet sprendimą kilti lėmė paviršutiniška duomenų analizė[5].



3 pav. Defektų pavojingumo rodiklio priklausomybė nuo oro temperatūros; pavaizduoti visų 24 startų duomenys (vienas kitą dengiantys taškai pastumdyti). Duomenys paimti iš E. R. Tufte (1987).



4 pav. Ši diagrama įtikintų atšaukti skrydį.

Ar žinote, kodėl kitas daugkartinio naudojimo erdvėlaivis „Columbia“ leisdamasis subyrėjo ore? Erdvėlaiviui kylant buvo pažeistas jo sparnas. Per pasitarimą, kuriame buvo aptariamas erdvėlaivio sugrįžimas į Žemę, buvo pateiktas *PowerPoint* pranešimas. Jame svarbią informaciją, t. y. inžinierių padarytą išvadą, kad jie nežino, ar saugu leistis, užgožė nesvarbūs faktai.

[5] Kaip vyko tyrimas ir kas suprato katastrofos priežastį, galite paskaityti R. F. Feinmeno biografijoje: Leighton R., *What Do You Care What Other People Think? Further Adventures of a Curious Character. Feynman R. P.*, W. W. Norton & Company, 2001.

Linkę tyrinėti... Kokie jie?

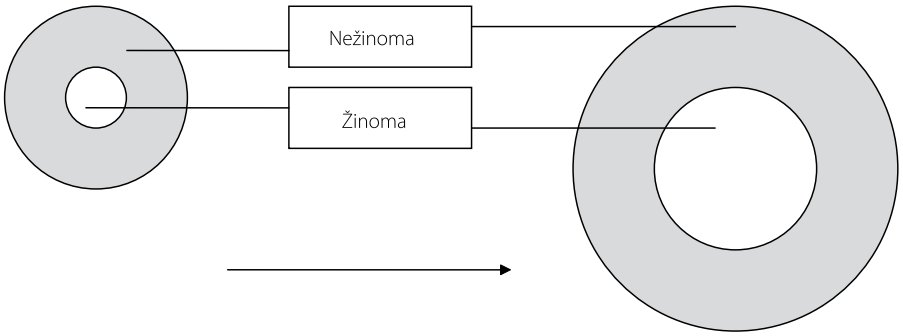
Rita Makarskaitė-Petkevičienė

Paprašyta parašyti žurnalui „Jaunasis tyrėjas“, susimąsčiau, ar galiu ką nors įdomaus pasakyti šiandieniniam jaunimui, besidominčiam aplinkos tyrimais. Jaunuoliai protingi, pasitikintys savimi, turintys puikių galimybių atlikti mokslinį darbą: juos konsultuoja mokslininkai, jiems rašomos tyrimų metodikos. O kur dar kompiuterinės technologijos! Nors mes savo laiku apie tai net nesvajojome (ką jau kalbėti apie galimybes), tačiau mus su dabartiniais jaunaisiais tyrėjais daug kas sieja...

Ginos Beinoravičiūtės nuotrauka

Manau, visi (vieni anksčiau, kiti – vėliau) esame užsikrėtę gerąja noro tyrinėti bacila. Prisimenu antradienių pavakarius, kai ketvirtokai–septintokai sugužėdavome į biologijos kabinetą, kur vykdavo jaunųjų gėlininkų būrelio susirinkimai. Baigdavosi jie prieš pusę devynių, nes tuometiniai vaikai, mažai turėję pramogų ir jiems skirtų laidų, laidos „Labanakt, vaikučiai“ stengdavosi nepraleisti... Ką tris–keturias valandas vakarais vienuolikmečiai ar kiek vyresni mokiniai veikdavo gėlininkų būrelyje? Ogi skaitė ir aiškinosi, stebėjo ir tyrinėjo... Vegetatyviniu būdu daugino ir augino augalus, tyrė sėklų daigumą, komponavo gėlių puokštes, rengėsi konkursams, konferencijoms, eidavo į lauką stebėti žydinčių ar žiemojančių augalų. Veiklos buvo tiek daug, kad tik spėk suktis. O kokia įdomi būdavo būrelio susirinkimo valandėlė „Įdomioji biologija“! Ištempę ausis klausydavome mokytojos pasakojimų apie įvairius augalus ir gyvūnus, dumblius ir grybus. Ką čia tokio paminėjau? Pasakojimą?! Taip... O šiandien daugelis švietimo strategų įsitikinę, kad pasakojimas – tai atgyvenęs ir visai neefektyvus mokymo metodas. Nesutinku! Emocingas, įtaigus pasakojimas turi ypatingą ugdomąją galią. Kai kada, sakyčiau, jis netgi nepakeičiamas niekuo kitu. O kas gi vaikus skatina tyrinėti? Visu pirma, įdomi veikla, antra – mokytojo asmenybė, trečia – smalsumas. Vėliau kaupdamas patirtį ir jausdamas mokytojo paskatinimą, mokinys suvokia, kad gali save išreikšti ir realizuoti. To siekia kiekvienas jaunas žmogus: pasitenkinimo savo veikla ir pripažinimo (draugų, tėvų, mokytojų).

Negaliu nepaminėti Antano Vireliūno (1887–1925), aktyvaus mokymo šalininko, įžvalgų, nurodytų dar XX a. pradžioje (Bukauskienė, 1994). Anot jo, jokia kita veik-



1 pav. Žinojimo ir nežinojimo kaita vykstant pažinimo procesui

la nėra tokia įdomi kaip aplinkotyra. Jis ją vertino dėl kelių priežasčių:

- aplinkotyra daro bene didžiausią įtaką auklėjimui;
- tyrinėjant aplinką lavinamas pastabumas, kruopštumas;
- ji susijusi su konkrečiais objektais ir reiškiniais. Tiriant nuolat kyla klausimai: *kas*, *kur*, *kada*, *kodėl*? Tai pratina priimti sprendimus ar daryti išvadas pagal faktais pagrįstą medžiagą;
- aplinkotyra – geriausia veiklos skatinimo mokykla;
- skatina pažinti pasaulį ir pamilti gimtinę, jos žmones bei augti sveikam ir dorovingam žmogui.

Visi, kurie bandė tyrinėti, žino, kad šiai veiklai reikia daug laiko. Vadinasi, tai – prasminga laisvalaikio praleidimo forma, mokanti jaunąjį žmogų planuoti savo laiką ir darbus.

Žinoma, gerai pasirengus kartais tyrimą galimą atlikti ir per vieną dieną (naktį). Bet mane labiausiai žavi darbai, kurių per vieną dieną nepadarysi. Pavyzdžiui, jei panorėtum atlikti dominančių gyvūnų įvairovės ir gausumo apskaitą, tai tam tektų skirti ne vieną mėnesį. O jei užsimanytum stebėti augalus sinoptikus ar sudaryti augalų laikrodį, pusę vasaros tektų keltis su saule penktą valandą ryto. Taigi reikia valios, bet kuris mokinys tokios užduoties neįveiks... Ilgalaikius stebėjimus ir tyrimus pasirenkantys jaunuoliai ugdo daugelį savybių: punktualumą, atsakingumą, savarankiškumą, ištvermę, kantrybę ir kt.

Smalsumas gena vaikus tyrinėti. Mokiniams ne šiaip sau kyla tiek daug klausimų, jie nori suprasti, kaip kas veikia. Sėkmingam ir sparčiam mokymuisi būtinas emocinis komfortas ir tam tikra emocijų sankaupa. Tiriamuosiuose darbuose šis užtaisas yra. Mokinio noras pažinti didėja, kai veikla maloni, kai jis nepervargsta, po truputį kaupia informaciją (per jutimus, patyrimą, tyrimus, darydamas išvadas) ir ją sėkmingai interiorizuoja[1] bei patenkina savo smalsumą.

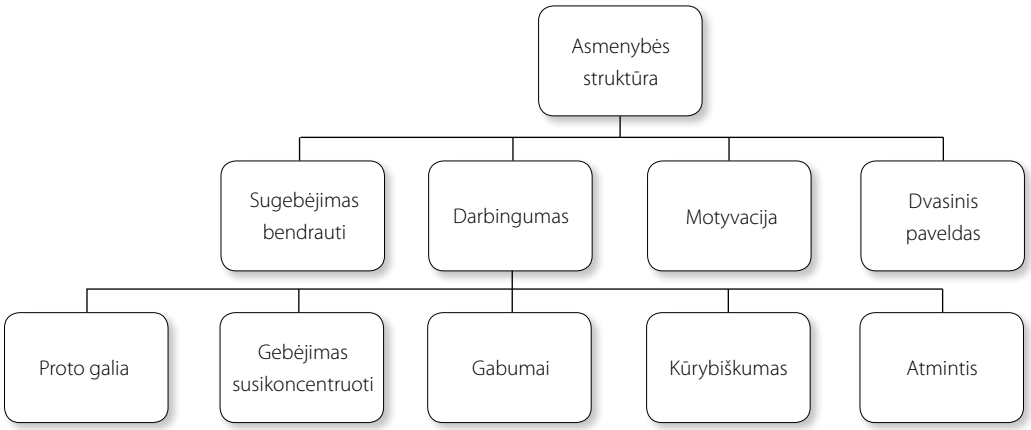
Kartą perskaičiau airių dramaturgo Dž. B. Šo (G. B. Shaw; 1856–1950) žodžius, kad „vienintelis kelias, vedantis į pažinimą, yra veikla“. Aplinkotyra, manyčiau, tokia veikla, kuri į pažinimą veda daug sparčiau nei kitos.

Taip jau yra, kad vertiname ir saugome tai, ką žinome, pažįstame. Kaip galima globoti ir išsaugoti nepažįstamą gyvūną, grybą (tik piktavaliai juos pažindami pridaro žalos)? Nors jaunieji tyrėjai dažnai gilinasi tik į kokią siaurą sritį, jie savo tyrimo objektą mato kaip visumos dalį, glaudžiai susijusią su savo aplinka. Domintis, kas panašiais klausimais nuveikta ne tik šalyje, bet ir svetur, bendradarbiaujant su bendraminčiais, pažinimo laukas dar labiau išsiplečia.

Jaunieji tyrinėtojai kitokie nei jų bendraamžiai. Jie žino, ką žino, ko nori ir ko dar nežino. Jų galvose kirba daugybė klausimų. Ne veltui sakoma, kad kuo daugiau žinai, tuo daugiau nežinai. Priešmokyklinio amžiaus vaikas, išmokęs šešis angliškus žodžius, įsivaizduoja, kad jau moka tą kalbą. Pirmokėliui atrodo, kad jis jau viską žino, o į kokią nors sritį įsigilinęs jaunuolis nėra tuo tikras. Profesorių ši nežinia dar labiau kamuoja. Jis vis gilinasi, aiškinasi, tyrinėja, skaito knygas, lekia į mokslines konferencijas ir vis bando savo nežinojimą paversti žinojimu. Taigi, kuo daugiau žinome, suprantame, tuo labiau suvokiame, kad mūsų žinios yra ribotos (1 pav.).

[1] Žinių ir išorinių veiksmų (žodinių, daiktinių) perkėlimas į vidinius (atminties, mąstymo) veiksmus.

Ginos Beinoravičiūtės nuotrauka



2 pav. Asmenybės struktūra

Neabejoju, kad su šiuo psichosocialiniu reiškiniu yra susidūrę ir jaunieji tyrėjai. Jie, besigilindami į kurią nors mokslo sritį, sprendžia savo nežinojimo uždavinius. O patirdami pažinimo džiaugsmą šiai veiklai skiria nemažai laiko bei jėgų ir atranda išties vertingų dalykų. Tokie mokiniai nori mokytis, rasti atsakymus į rūpimus klausimus, yra veiklūs, atkaklūs, kelia didelius reikalavimus ir sau, ir savo mokytojams.

Ar lengva mokytojui dirbti su šiais mokiniais? Atsakyčiau: ir taip, ir ne. Lengva, nes tokių mokinių nebereikia skatinti pažinti aplinką. Sunku, nes mokytojas turi būti kompetentingas ir pasižymėti energija, entuziazmu, empatija[2] (3E). Galbūt ne visi pedagogai turi tuos 3E. Be to, ir mokiniai skirtingi. Jie nevienodai suvokia sėkmę ir nesėkmę. Vienam, pavyzdžiui, didžiausia sėkmė patekti į mokslinių darbų konkurso galutinį etapą, o kitam – tame etape užimta antroji vieta yra didžiausia nesėkmė. Šie dalykai labai veikia mokinio motyvaciją, dėmesį, o per juos – pažinimą. Mokytojas turi būti ir geras psichologas, ir nestokoti optimizmo (turi tikėti mokinio sugebėjimais ir jo ateitimi).

Kokie mokytojai dirba su jaunaisiais tyrėjais? Pašauktieji, arba kaip sakytų K. D. Glikmenas (Glickman, 2010), labai atsidavę savo darbui, nuolat norintys padaryti ką nors daugiau dėl savo mokinių ir kolegų. O kitokie, manau, neskatins mokinių tirti aplinkos ir patys su jais į šią veiklą neįsitrauks. Kiekvienas mokytojas, pradedąs darbą (dažniausiai individualų) su jaunuoju tyrėju, parenka jam specialų veiklos turinį. Jeigu mokytojas augina kelis jaunuosius mokslininkus, greitai įsitikina, kad jo siūlomą turinį mokiniai priima skirtingai. Tai priklauso nuo individualios besimokančiojo asmenybės struktūros. K. Tuperveinas (Tupperwein, 2000) nurodo asmenybės struktūros dalis bei darbingumą lemiančius veiksnius (2 pav.).

Asmenybės struktūra kinta. Pati įkūrusi ir dešimt metų vadovavusi Respublikinei jaunųjų gamtotyrininkų mokyklai patyriau, kad jaunajam tyrėjui augant, išbandant save vienoje ar kitoje tyrimų srityje, jo asmenybės struktūra keičiasi į gerąją pusę. Labai svarbu, kad mokiniai išmoktų objektyviai vertinti savo augimą. Šis gebėjimas laikomas ryškiu brandumo požymiu. Tai gali būti labai svarbu renkantis profesiją, sprendžiant kitus svarbius dalykus.

Šiandien jau suvokiu, kad visai nesvarbu, kur ir ką studijuos jaunieji tyrėjai. Jų žinios, gebėjimai, vertybinės nuostatos, įgytos tyrinėjant, buvo, yra ir bus svarbios jiems, kaip asmenybėms, kuo jie bebūtų: inžinieriais, medikais, mokytojais, policininkais ar kitos srities specialistais.

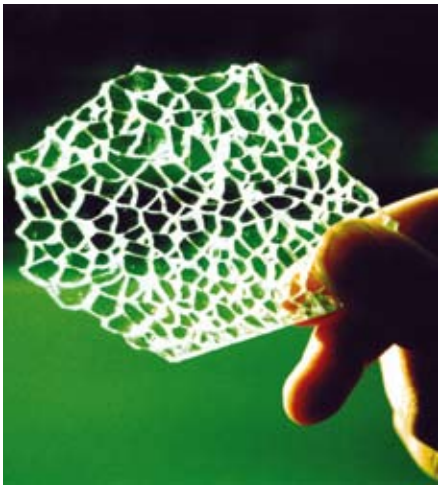
[2] Gebėjimas įsijausti. Pavyzdžiui, kai mokytojas gali suprasti mokinio vidinį pasaulį.

Literatūra

Glickman C. D., *Lyderystė mokymuisi: kaip padėti mokytojams sėkmingai dirbti*, Švietimo ir mokslo ministerijos Švietimo aprūpinimo centras, 2010.

Tupperwein K., *Menas mokyti nepavargstant*, Alma littera, 2000.

Lietuvos mokykla ir pedagoginė mintis 1918–1940 metais. Antologija/sud. T. Bukauskienė, III tomas, Mintis, 1994.



Ginos Beinoravičiūtės nuotraukos

Daryk atvirkščiai

Gediminas Beresnevičius

Tiesiog apversk lygintuvą, jei neturi viryklės – taip galima ne tik vandenį užvirinti, bet ir kiaušinienę išsikepti ar sriubą išsivirti...

Rūtos Karolytės nuotraukos

„Kūrybiškumas – tai drąsa galvoti priešingai“, – teigia švedų rašytojas F. Harenas (Härén). Galima nesutikti su šiuo teiginiu, tačiau daugelio genialių sprendimų ir kūrybinių idėjų analizė patvirtina šią nuostatą. Siekiant mokslinės, technologinės ar kitokios kūrybos aukštumų, kartais patartina ne tik galvoti kitaip, nei galvoja dauguma, bet ir kai ką daryti atvirkščiai, apversti aukštyn kojom, išversti į kitą pusę, t. y. plaukti prieš srovę.

Džiaukis problema

Dauguma žmonių nemėgsta sunkiai išsprendžiamų dalykų, tiksliau – jų bijo. O kūrybingi žmonės ne tik kad nesibaimina problemų, netgi specialiai jų ieško ir radę – džiaugiasi. Genialusis investuotojas V. Bafetas (W. Buffett) kalbėdamas apie pastarąją pasaulinę finansų ir ekonomikos krizę pareiškė ruošęsis jai 20 metų. Dauguma investuotojų finansinius aktyvus (akcijas, vertybinius popierius) perka, kai ima kilti jų kaina, nes tikisi, kad jos vėliau dar labiau pabrangs, ir išsigandę juos parduoda, kai kaina pradeda kristi. Sėkmingi investuotojai elgiasi priešingai: akcijas parduoda, kai jų kaina didžiausia, t. y. ekonominio pakilimo laikais, ir superka jas per nuosmukį. Taigi prieš krizę

Ginos Beinoravičiūtės nuotrauka

jie sukaupia dideles pinigų atsargas, kad jos metu galėtų pigiai supirkti nekilnojamąjį turtą ir akcijas, o vėliau jas brangiai parduoti.

Pradėk nuo kito galo

Tikriausiai prisimenate piešinį galvosūkį apie tris žvejus, gaudančius vieną žuvį. Nepaisant jų valų raizgalynės reikia rasti, kuris žvejys pagavo tą žuvį. Daugelis turbūt žino, kad rasti atsakymą pasiseks daug greičiau, jei pradės nuo žuvies, o ne nuo žvejų, t. y. jeigu spręsti uždavinį pradės nuo galo. G. Altšulerio (Altshuller) išradybos uždavinių sprendimo teorija taip pat siūlo pradėti spręsti problemą pradžioje suformulavus idealų galutinį rezultatą. Idealus galutinis rezultatas – tai tokia situacija, kai veiksmas atliekamas be objekto pastangų, o idealaus sprendimo formuluotė tokia, kurioje yra žodelis „pats“, „pati“, „patys“ ir pan. Galime tarti, kad radome idealų sprendimą, kai problemą išsprendžiame mažiausiomis pastangomis ar visai be jokių pastangų. Puikus idealaus sprendimo pavyzdys – Tomo Sojerio nudažyta tvora. Tomas labai nenorėjo dažyti, bet per jo gudrumą tvorą nudažė miestelio vaikai, taigi Tomo požiūriu, tvora nusidažė be tiesioginių pastangų tarsi *pati*! Ir už tai jis dar gavo visokių gėrybių...

Trūkumą paversk pranašumu!

Šis šūkis žinomas kiekvienam verslininkui, o kartais sumanumas ir šios taisyklės laikymasis gali ne tik praversti versle, bet ir išgelbėti gyvybę! Vienas populiariausių Langedoko (Prancūzija) krašto vynų buvo specialiai sukurtas Prancūzijos karaliui, vadintam Karaliumi Saule. Kai vynas buvo patiektas pietų stalui, jis pastebėjo, kad butelio kakliukas kreivas. Įtūžęs karalius liepė pakviesti vyndarį pasiaiškinti, kodėl atvežė nevykusiai padarytą butelį. Atvestas vyndarys žemai nusilenkė ir tarė: „Jūs toks didis, kad net ir butelis lenkiasi Jūsų šviesybei!“ Tai – tik legenda. Bet žaisminga ir pamokanti.

Vidų išversk į išorę

Žoržo Pompidu centras (*Centre Georges Pompidou*) Paryžiuje pastatytas būtent pagal šį principą. Dažniausiai pastatai statomi taip, kad ventiliacijos, ryšio ir kitokių įrenginių išorėje nesimatytų. Pompidu centras suprojektuotas priešingai: išorėje styro plieninės konstrukcijos ir stori vamzdžiai. Pastatas labiau primena naftos perdirbimo gamyklą negu kultūrai skirtą įstaigą. Visiškai sulaužytos tūkstantmetės architektūros tradicijos! Na ir kas! Juk pastato sumanytojai išsprendė esminį klausimą: kas svarbiau – ar išdailintas fasadas, ar erdvios vidaus patalpos?

Pasitelk priešą

Problemos sukėlėjus įprasta pašalinti, izoliuoti ar jų vengti. Tačiau kai kuriais atvejais reikia elgtis atvirkščiai: priešus paversti draugais. Štai anglų fermeriai, atsikėlę į Australiją ir ėmę auginti avis, patirdavo didelių nuostolių: jas pjaudavo laukiniai šunys dingai. Norėdami apsaugoti gyvulius, fermeriai ėmė tverti tvoras. Tačiau net keli tūkstančiai kilometrų tvorų nepadėjo. Galiausiai, prijaukinus dingus ir išmokius juos aviganystės meno, problema buvo išspręsta.

GIEDRIAUS GUDINAVIČIAUS NUOTRAUKA

Žoržo Pompidu centro modelis Mini Europos parke, Briuselyje

RŪTOS KAROLYTĖS NUOTRAUKA

Nebijok klaidų

Kiekviena klaida yra neįkainojama patirtis. Dažnai pamirštama, kad teisingas sprendimas gaunamas padarius daugybę klaidų. Pavyzdžiui, T. Edisonas su bendradarbiais, kurių turėjo net tūkstantį, padarė apie 50 tūkstančių bandymų, kol išrado šiuolaikinės konstrukcijos šarminį akumuliatorių.

Neišsuk iš pasirinkto kelio

...net jei tūkstantis žmonių sakys, kad klysti, net jei visi pasaulio ženklai rodys sukti į kitą pusę!

S. Voltonas (Walton), „Wal-Mart“ mažmeninės prekybos tinklo įkūrėjas, nusakė savo kūrybinės veiklos strategiją: „Jei nori išskirtinių rezultatų, pažiūrėk, kur eina minia, ir pasuk į priešingą pusę.“

Literatūra

Altshuller G. S., *Creativity as an Exact Science*, New York: Gordon and Breach, 1985.

Härén F., *Idėjų knyga 2*, Vilnius: Idėjų amžius, 2004.

Vasaros mokyklos dienoraštis

Gražina Radzvilavičiūtė

Jauniesiems tyrėjams net nekyla klausimų, ką jie veiks vasarą. Atvirkščiai, jiems reikia viską susiplanuoti, kad spėtų ne tik pajūry su šeima pailsėti, aplankyti močiutę ar išvykti paatostogauti į užsienį, bet ir, svarbiausia, pakliūti į savaitės trukmės Jaunųjų tyrėjų vasaros mokyklą. Karščiausią, kokią tik prisimename, vasarą, kai Lietuvos gyventojai netgi ėmė svajoti apie siestos įteisinimą, nepabūgę karščio jaunieji tyrėjai rinkosi netoli Vilniaus esančioje sodyboje.

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Saulei šviečiant, lietui lyjant

„Saulei šviečiant, lietui lyjant (lietus vasaros mokyklos dalyviams būtų suteikęs labai daug džiaugsmo, tačiau taip ir neprapliupo) sieksime žinių su didžiausiu užsidegimu“, – pirmąją vasaros mokyklos dieną džiūgavo viena jaunoji tyrėja.

Pasiryžimą dirbti mokiniams įkvėpė šventiškas sutikimas sodyboje „Pas Vincą“ – laikiname jų darbo ir poilsio kampelyje. Jaunieji tyrėjai, pasitikti smuiko ir armonikos garsais, pirmiausia susipažino su vasaros mokyklos vadovais, atsakingais ne tik už laisvalaikio organizavimą (jo buvo ne tiek jau daug), bet ir už svarbiausią dalyką – jie turėjo laiku užmigdyti jaunuosius tyrėjus ir, kas dar svarbiau, laiku pažadinti – kad šie spėtų papusryčiauti ir nevėluotų į paskaitas ar mokslo centrus. Be to, kiekviena jaunųjų tyrėjų diena prasidėdavo mankšta ir maudynėmis šalia sodybos tyvuliuojančiame ežere, o baigdavosi sukant galvą dėl įdomaus mokslinio darbo plano.

Pirmoji diena: kūrybinis mąstymas

Jaunųjų tyrėjų vasaros mokykla vyko dviem pamainomis. 2010 m. ją baigė penkiasdešimt jaunųjų tyrėjų. Pirmoji mokinių grupė savaitės studijoms atvyko liepos 12 dieną, o antroji – lygiai po savaitės – liepos 19-ąją. Vos tik spėję įsikurti, mokiniai skubėjo išklausyti pirmosios paskaitos, skirtos jų kūrybinėms galioms išlaisvinti. Pasak lektoriaus dr. Gedimino Beresnevičiaus, kūrybiškumas priklauso ir nuo veiksnių, apie kuriuos kartais net nepagalvojame, pavyzdžiui, nuo maisto, rūbų, muzikos. Taigi, jei norite susikurti kūrybiškumui tinkamą aplinką, nepamirškite pasirūpinti, kad jokie garsai ar kvapai jums netrukdytų. Jaunieji tyrėjai išgirdo, kaip įvairiais pratimais lavinti kūrybiškumą. Ši paskaita buvo apšilimas: į lektoriaus klausimus mokiniai atsakinėjo dar nedrąsiai, tačiau kitą dieną jie jau visai nesivaržė. Bet apie tai – vėliau. Taigi tęskime dienoraštį.

Klausė, stebėjo, tyrė...

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Jaunojo tyrėjo nuotraukos

Antroji diena: karpiai ir lydekos

Antradienis... Sunki diena: po susipažinimo vakaro retas kuris mokyklos dalyvis anksti sumerkė akis, todėl nespėję pailsėti ir išsimiegoti jaunieji tyrėjai turėjo ne tik išklausyti, bet ir į galvas susidėti keturių paskaitų informaciją. Per kitus projekto *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* renginius paaiškėjo, kokias klaidas dažniausiai daro jaunieji tyrėjai ir kokių žinių jiems labiausiai stinga. Galvojate, kad labai paprasta išsikelti darbo tikslą, suformuluoti uždavinius, o jų sprendimus po daugybės eksperimentų pateikti išvadomis? Tai nelengva užduotis ne tik daugeliui jaunųjų tyrėjų, bet kartais ir mokslininkams... Nė kiek nelengviau pasirinkti tyrimų metodiką ir tinkamai analizuoti gautus duomenis. Todėl ne veltui pirmoji paskaita, kurią skaitė jaunųjų tyrėjų pagalbininkė dr. Ieva Šablevičiūtė, buvo apie mokslinį darbą. Vasaros mokyklos dalyviai galėjo pasimokyti, kaip pasirengti tokiam darbui, jį susiplanuoti, o vėliau ir aprašyti. O kad vasaros mokykloje neatsirastų vietos posakiui „pro vieną ausį įėjo, pro kitą išėjo“, prof. Vladas Vansevičius pateikė užduotį – reikėjo suplanuoti tiriamąjį darbą. Prisimenate, pernai mokiniai penėjo pilkuosius kiškius ir tyrė, kokią įtaką ilgaausių maitinimas žiemą daro jų populiacijai? Šįsyk jaunieji tyrėjai turėjo tapti žuvų veisėjais ir nustatyti lydekų poveikį karpiams. Reikėjo apgalvoti, kiek tyrimui reikės vandens telkinių, kiek į kiekvieną įleisti lydekų ir karpių, kada – su lydekomis ar be jų – karpiai bus „sportiški“, o kada – įmitę. Tyrimo sąlygos gana paprastos: eksperimento pradžioje karpiams natūralaus maisto pakanka (vėliau viskas priklauso nuo jaunųjų tyrėjų išmonės – privers jie karpius pabadauti ar mažins jų skaičių, kad likusiems užtektų maisto), vandens telkinyje gali gyventi tik karpiai ir lydekos (jokių kitų žuvų!), tyrimas gali trukti ne ilgiau kaip penkerius metus. Mokyklos dalyviai, burtais po penkis suskirstyti į grupes, tiriamojo darbo planą turėjo pristatyti paskutinę mokyklos dieną. Taigi, laiko buvo ne taip jau ir mažai – keturi vakarai, o ir darbas griuvo ne ant vienos, bet ant penkių galvų, galėjusių naudotis visa informacija internete. Tačiau iškart pulti tyrinėti, kaip lydekos veikia karpius, nepavyko, nes dar laukė trys paskaitos. Vilniaus universiteto (VU) Fizikos fakulteto dekanas prof. Vytautas Balevičius, pasakodamas apie ypač mažus objektus „matantį“ mikroskopą ir Europos šalių planus Švedijoje pastatyti galingą neutronų šaltinį, davė suprasti: „Fizikos mokytis – verta!“ VU

Laisvalaikio akimirkos

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

prof. Vinco Būdos paskaita apie feromonus ir augalų kovą dėl vietos po saule galėjo ne vieną jaunąjį tyrėją paskatinti pasekti lektoriaus pėdomis ir pačiam patyrinėti gyvąją gamtą. Galbūt kas nors iš klausytojų ir buvo girdėjęs apie gyvūnų bendravimą cheminiais junginiais – feromonais, bet kaip mokslininkai tiria jų poveikį ir kur feromonai naudojami, daug kam buvo naujiena. Alelopatinės sąveikos – tai dar viena prof. V. Būdos paskaitos tema. Pasirodo, tai vienų augalų (taip pat ir mikroorganizmų) poveikis kitiems per jų išskiriamas chemines medžiagas. Mikroorganizmų gyvenimo paslaptimis pasidalijo prof. Rolandas Meškys. Ar žinojote, kad gėlių vazonėlyje mikroorganizmų yra daugiau, negu Žemėje gyvena žmonių? Ne mažiau įdomus ir ląstelių pasaulis, apie kurį papasakojo profesorius. Nors, rodos, jau daug išsiaiškinta, bet daug kas ir nežinoma, todėl toliau tiriami ląstelės augimo, dalijimosi, žūties procesai. Kad vasaros mokyklos dalyviams buvo įdomu, nėra abejonių – tai liudija mokslininkams užduoti jų klausimai ir drąsūs atsakymai į lektorių klausimus. Štai taip prabėgo antroji mokyklos diena. O vakare net ir niekada nesidomėjusių žvejyba ir nevalgiusių žuvienės jaunųjų tyrėjų neapleido mintys apie lydekas ir karpius.

Trečioji diena: dėlės, vėžiai, ir, žinoma, žuvys

Trečiąją vasaros mokyklos dieną iškart po pusryčių jaunieji tyrėjai keliavo į Gamtos tyrimų centro Ekologijos institutą. Jiems kaip masalas, o gal net gelbėjimosi ratas mokslinio darbo užduočiai atlikti buvo apsilankymas Gėlųjų vandenų ekologijos sektoriuje. Mokiniai susipažino su gėlųjų vandenų gyvūnais: taršai jautriomis dėlėmis, vėžiais ir žuvimis. Bet čia buvo kalbama ne apie karpius, o apie vandens taršos tyrimus... Vis dėlto mokyklos dalyviai gudrumu išpešė informaciją apie karpių ir lydekų mitybos ypatumus.

Pasivaikščioję po karščiu alsuojantį Verkių parką mokiniai toliau gilinosi į gamtos tyrimus. Gyvūnai šįsyk liko nuošaly, nes reikėjo išsiaiškinti mikroskopo ir chromatografo veikimo principus.

Ketvirtoji diena: lazeriai

Tą rytą fizika besidomintys tyrėjai buvo šiek tiek smagesni nei kiti mokyklos dalyviai. Šio džiugesio priežastis – kelionė į VU Fizikos fakultetą ir Lazerinių tyrimų centrą. Ir nors, atrodytų, vasarą visi atostogauja, mokiniai pamatė, jog ne tik jie atostogas aukoja dėl mokslo: juos pasitiko ištisus metus čia dirbantys būsimieji mokslininkai. Jie padėjo tyrėjams susipažinti su lazeriais ir vykdomais tyrimais.

Mokiniai ne tik sužinojo, kas yra Planko konstanta, bet ir ant asmeninių daiktų lazeriu galėjo išsigraviruoti norimą simbolį ar vardą. Šios dienos mokslai grįžus į sodybą nesibaigė: laukė prof. V. Vansevičiaus mokslinė konsultacija, kurios prireikė jauniesiems tyrėjams, niekaip negalėjusiems išspręsti lydekų ir karpių sugyvenimo klausimo. Kartu su profesoriumi jie aptarė mokslinio darbo pagrindus, pavyzdžiui, kaip įvertinti duomenų patikimumą, bet labiausiai mokinius domino tyrimo sąlygos, kurias dėl karščio poveikio buvo nelengva įsiminti. Po šios konsultacijos mokiniams net nekilo noras atsipūsti – tiek daug dar reikėjo padaryti, o likę buvo tik du vakarai...

Penktoji diena: laboratorinės pelės

Penktadienį jaunuosius tyrėjus VU Biochemijos institute pasitiko ir su vykdomais moksliniais tyrimais supažindino jau jiems pažįstamas prof. R. Meškys. Netrukus mokiniams buvo patikėta rimta užduotis – išskirti bakterijų plazmidžių DNR. Su šia užduotimi, kaip sakė jaunieji tyrėjai, jiems pavyko susidoroti tiesiog puikiai!

Tikrais mokslininkais pasijusti leido ir pirmoji pažintis su laboratoriniais gyvūnais: triušiais ir pelėmis. VU Biochemijos instituto vivariume mokiniai ne tik sužinojo, kaip tyrimams paimti triušio kraujo, bet ir patys galėjo pabandyti tai padaryti.

O grįžusiems į sodybą mokiniams miegoti neleido įkyrios mintys apie karpius ir lydekas... Juk jau kitą dieną laukė konferencija šia tema.

Šeštoji diena: konferencija

Paskutinę vasaros mokyklos dieną mokiniai pasitiko kiek paraudusiomis akimis. Karpių ir lydekų užduoties galutinį sprendimą daugelis pasiliko paskutinei nakčiai, kuri pasirodė per trumpa... Kad ir kaip ten būtų, užduoties apie karpius ir lydekas pristatymas daugeliui tapo pirmąja moksline konferen-

cija. Kiekviena komanda per 10 minučių turėjo pristatyti savo tyrimą, t. y. pradėti nuo tyrimo tikslo ir baigti darbo išvadomis. Nors tiriamojo darbo autoriai buvo visi grupės nariai, tačiau jį pristatyti galėjo tik vienas ar du iš jų. Ir kaip tikroje konferencijoje, pastabas, kritiką bei sveikinimus pranešėjams galėjo išsakyti ne tik komisija, bet ir visi dalyviai. Tad nieko stebėtino, jog po kiekvieno pristatymo užvirusios diskusijos trukdavo ilgai. Tačiau viskas dėl mokslo: kolegų pastabos yra dar vienas žingsnis tobulumo link. Užduočiai atlikti vieniems reikėjo mažesnių, kitiems didesnių ir gilesnių tvenkinių, vienoms komandoms užteko šimto, o kitoms prireikė ir šešių šimtų karpių. Ne viena mokinių grupė buvo susirūpinusi ir brakonierių veiksmų įtaka jų tyrimo rezultatams.

Išrinkus užduotį geriausiai išsprendusias komandas, vasaros mokyklos dalyviams tarsi akmuo nuo širdies nukrito. Tikslas pasiektas: pamatyta daug, sužinota dar daugiau... Liko pasidžiaugti paskutiniu vakaru sodyboje ir galbūt pradėti galvoti apie kitą jaunųjų tyrėjų susitikimą. Vasaros mokykloje mokiniai ne tik susipažino su Lietuvoje atliekamais moksliniais tyrimais, pabendravo su mokslininkais, bet ir patys jais pabuvo. Tikėkimės, kad tai tik pradžia, nes, kaip sakoma, „vieną kartą paragavęs, negali sustot.“

Konferencija

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Europos jaunieji mokslininkai rinkosi Lisabonoje

Gražina Radzvilavičiūtė

Portugalijos sostinė Lisabona 2010 metų rugsėjo 24 d. sulaukė jaunųjų mokslininkų antplūdžio. Čia vyko dvidešimt antrasis Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkursas, kuriame Lietuvai atstovavo nacionalinio etapo nugalėtojai – Asta Lučiūnaitė, sesės Guoda ir Vaiva Radavičiūtės ir Donatas Ramaška. Pasimokyti į Lisaboną vyko ir Jaunųjų tyrėjų klubo narių komanda: penki mokiniai ir penki mokytojai, aktyvūs projekto *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* dalyviai. Tikriausiai nekantraujate sužinoti, kaip mūsiškiams sekėsi, o jie savo ruožtu nekantrauja pasidalyti įspūdžiais.

Čia vyko konkursas

Stasės Vaškūnienės nuotrauka

Nenusileido kitoms šalims

Ketvertas ES jaunųjų mokslininkų konkurso nacionalinio etapo laureatų jam pasibaigus pergalingai kėlė nykščius ir plačiai šypsojosi, tikriausiai dar ne visai suvokdami juos užgulusią atsakomybę. Iki kelionės į Lisaboną jiems teko nuveikti nemažai paruošiamųjų darbų. Lietuvos atstovai sako, jog prieš išvykimą buvo geros nuotaikos, tik šiek tiek nerimavo: juk tai pirmasis tarptautinis konkursas jų gyvenime. Tačiau primiršę tą jaudulį jaunieji mokslininkai dabar pripažįsta, jog konkursas suteikė ne tik neįkainojamos patirties, bet ir padėjo suprasti, jog iššūkiai – tai gyvenimo varomoji jėga. O jų darbai tikrai nebuvo prastesni už kitų šalių atstovų darbus. Tad *Jaunasis tyrėjas* domėjosi, kaip jiems sekėsi Lisabonoje ir kas paliko giliausią įspūdį.

Įvertinti save

„Save įvertinti visada sunku. Pasirodžiau taip, kaip galėjau geriausiai, o įgyta patirtis tikrai pravers. Būtent tai ir yra vienas svarbiausių dalykų“, – iš Lisabonos grįžusi sakė vilnietė Asta Lučiūnaitė.

Į tarptautinius konkursus dalyviai važiuoja ne tik savus darbus parodyti, bet ir kitų pamatyti. Astai visi darbai pasirodė šaunūs vien todėl, kad jie Europos jauniesiems tyrėjams kainavo labai daug pastangų ir darbo. Jai buvo įdomus K. L. Miuler-Han (C. L. Mueller-Hahn) darbas apie kaulų tankio ir masės pokyčius nėštumo metu. „Jis patiko tuo, jog paliesta svarbi ir dažna problema, reikia galvoti, kaip jos išvengti, ir dar todėl, kad rūpinamasi pasaulio moterimis. Įsiminė Vengrijos atstovės pasiūlytas naujas metodas storosios

žarnos vėžiui nustatyti tik iš kraujo mėginio. Ji labai puikiai pristatė savo darbą: viską paprastai ir suprantamai išaiškino – to galima pasimokyti, – *Jaunajam tyrėjui* pasakojo Asta. – Pamačiau, kad kitų šalių jaunieji mokslininkai labai panašūs į mus, lietuvius – visi susiduriame su tomis pačiomis problemomis. Tiesiog supranti, kad kitų šalių žmonės taip pat ieško galimybių, daro įvairius darbus, o Lietuvos jaunieji tyrėjai nėra už juos prastesni, ypač savo siekiais ir pastangomis.“ Naujos pažintys, užmegztos su kitų šalių jaunaisiais tyrėjais, skatina kurti idėjas. Pabendravę vieni su kitais dalyviai sužino, kaip kas dirba ir ruošiasi šiam konkursui, pasidalija sava patirtimi. Dar smagiau, pasak Astos, kai sutinki tiek daug panašių pomėgių turinčių šaunių žmonių, pamatai jų darbus ir pats užsinori dar geriau ir tobuliau viską daryti.

Reikia tik labai norėti

Sesės Vaiva ir Guoda taip pat vienbalsiai tvirtino, jog pačioms savo pasirodymą įvertinti gana sunku, o visų kolegų jaunųjų mokslininkų darbus vertina gerai: kiek teko girdėti darbų pristatymų, visi buvo įdomūs.

„Darbai buvo tikrai įdomūs, net sunku išskirti labiausiai patikusį medicinos, biologijos ar kitos srities darbą. Beveik visi dalyviai atrado ką nors naujo, galinčio pagerinti žmogaus gyvenimą“, – sakė Vaiva. Ją sudomino ir savitas Ispanijos atstovės projektas: mergina surinko senovinių šiaurės Maroko pasakų, dalį jų išvertė į anglų ir ispanų kalbas, skaitė jas vaikų darželiuose, mokyklose, o savo darbą konkurse ji pristatė vilkėdama tradiciniais arabiškais drabužiais.

„Kalbėdamasi su dalyviais dažnai pagalvodavau, kaip sunku būtų išskirti vieną ar kelis nugalėtojus, nes visi projektai palieka puikų įspūdį. Salėje buvo galima pamatyti jaunųjų mokslininkų sukurtų prietaisų, išbandyti juos patiems“, – sesei pritarė Guoda.

Kelios konkurso dienos prabėgo daugiausia prie stendų, todėl nebūtų nieko stebėtino, jei laikas dalyviams būtų prailgęs, tačiau sesės apgailestauja: joms konkursas truko per trumpai. Vaivai tai buvo neįkainojama patirtis, geriausiai praleistas laikas, o Guoda pripažįsta, jog iki šiol tai reikšmingiausias įvykis jos gyvenime.

„Vertinga ir tai, kad konkurse išmokome pristatyti savo darbą tinkamai ir aiškiai. Nors buvau girdėjusi nemažai komentarų iš ankstesnių konkursų dalyvių, tačiau kai viską patyriau pati, daug ką pradėjau vertinti ir suvokti kitaip. Supratau, kad gyvenime nereikia nieko bijoti, o iššūkiai – varomoji jėga“, – pasakojo Vaiva. Todėl jauniesiems tyrėjams sesės linki nebijoti iššūkių, į nesėkmes stengtis žiūrėti optimistiškai ir tikėti tuo, ką darai. Kaip sakė mažoji Doroti iš „Geltonų plytų kelio“[1], reikia tik labai norėti, pasistengti ir tikėti.

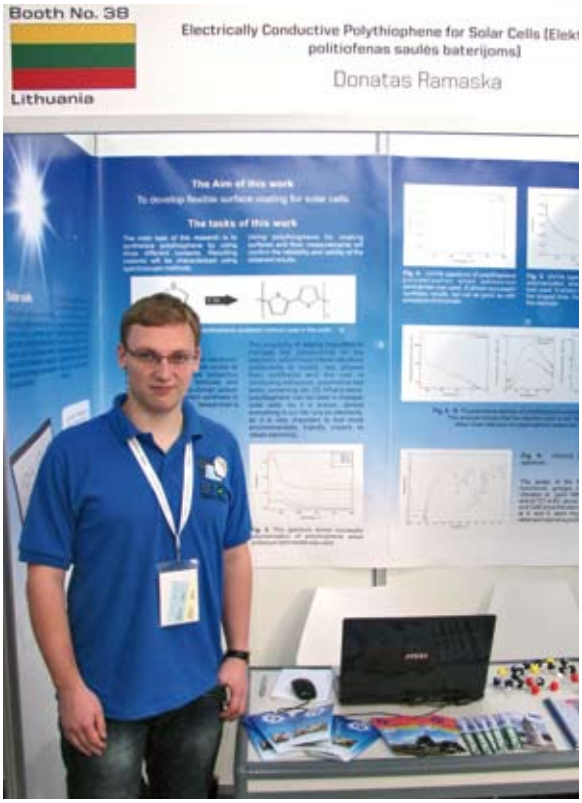
Palaikymo komanda

Kai mokiniai iš visos Europos ir dar tolimesnių šalių rinkosi į Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkursą, penki Lietuvos mokiniai ir penki mokytojai taip pat kėlė sparnus kelionei į Lisaboną. Šio dešimtuko tikslas buvo susipažinti su konkurso atmosfera, pristatomais darbais, jų autoriais ir įgyti patirties, kuri praverstų darant mokslinius darbus. Žinoma, ne mažiau svarbu buvo palaikyti ir Lietuvos atstovus.

Viena jaunųjų tyrėjų vadovių Julija Baniukevič pasakoja: „Apsilankiusi konkurse supratau, kad nebūtinai geras tiriamasis

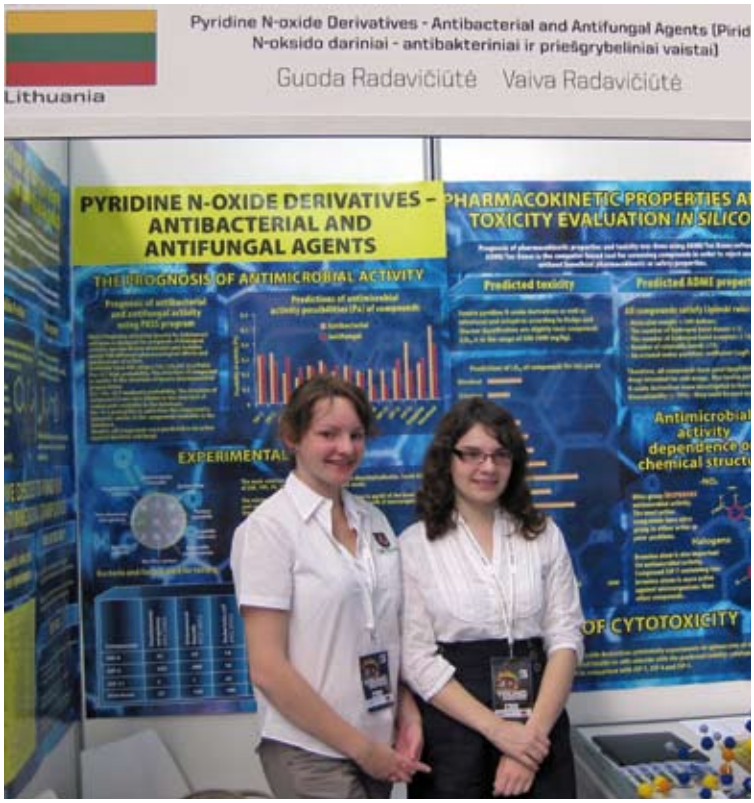
[1] Keistuolių teatro muzikinio spektaklio „Geltonų plytų kelias“ L. F. Baumo pasakos „Nuostabusis Ozo šalies burtininkas“ motyvais personažas.

Donatas Ramaška – apie politiofeną



JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKA

Vaiva ir Guoda Radavičiūtės



STASĖS VASKŪNIENĖS NUOTRAUKA

darbas turi būti sudėtingas. Dar mokinė šią tiesą gerai žinojau, tačiau man atrodė, kad ES JMK yra išimtis. Dabar esu galutinai įsitikinusi, jog tai tik mitas, nes pamačiau labai įdomių paprastų darbų.“ Paklausta, kokį įspūdį Lisabonoje jai paliko Lietuvos atstovų darbai, Julija sako: „Labai gerą – darbai aukšto lygio, o stendai tikrai neprastesni už kitų dalyvių. Tiesiog mums dar reikia išmokti paprastai pristatyti net ir sudėtingus dalykus – taip, kad net nedaug išmanančiam toje srityje žmogui būtų aišku, kuo darbas išsiskiria iš kitų ir kokia jo prasmė.“ Lietuvos atstovai labai nudžiugo sulaukę jaunųjų tyrėjų komandos: „Jų veidai nušvito pamačius mūsų delegaciją. Aš tuo metu pagalvojau: būdama jų vietoje, labai norėčiau, kad į konkursą mane lydėtų vadovas. Juk tokiomis akimirkomis būtent jo palaikymo žodžiai būna svarbiausi“, – prisiminė Julija. „Manau, kad dalyvavimas ES JMK – neįkainojama patirtis visam gyvenimui. Čia mokiniai pamato savo darbo pranašumus ir trūkumus, pramoksta dėstyti mintis anglų kalba. Jie turi galimybę susirasti draugų iš įvairių Europos šalių, praplėsti savo akiratį ir pažinti kitas kultūras“, – dalyvavimo konkurse teigiamybes vardijo Julija Baniukevič.

Atradimų paminklas

Konkurso dalyvių laukė įdomi kultūrinė programa. Nors laisvo laiko jie turėjo labai mažai, tačiau stengėsi jo rasti jiems skirtoms paskaitoms apie patentus, energetikos tyrimus, evoliuciją ir biologinės įvairovės išsaugojimą, taip pat ištaikyti laiko pasidairyti po įžymias Lisabonos vietas. Atradimų paminklas (*Padrão dos Descobrimentos*), skirtas didžiųjų geografinių atradimų epochos didvyriams, jūrų ir vandenynų pasaulį atskleidžiantis Okeanariumas, Šiuolaikinio meno muziejus, Nacionalinis karietų muziejus, Dizaino ir mados muziejus, garsieji architektūros paminklai ir kultūros centrai – šiuos objektus pamatė renginio dalyviai.

Apdovanojimai

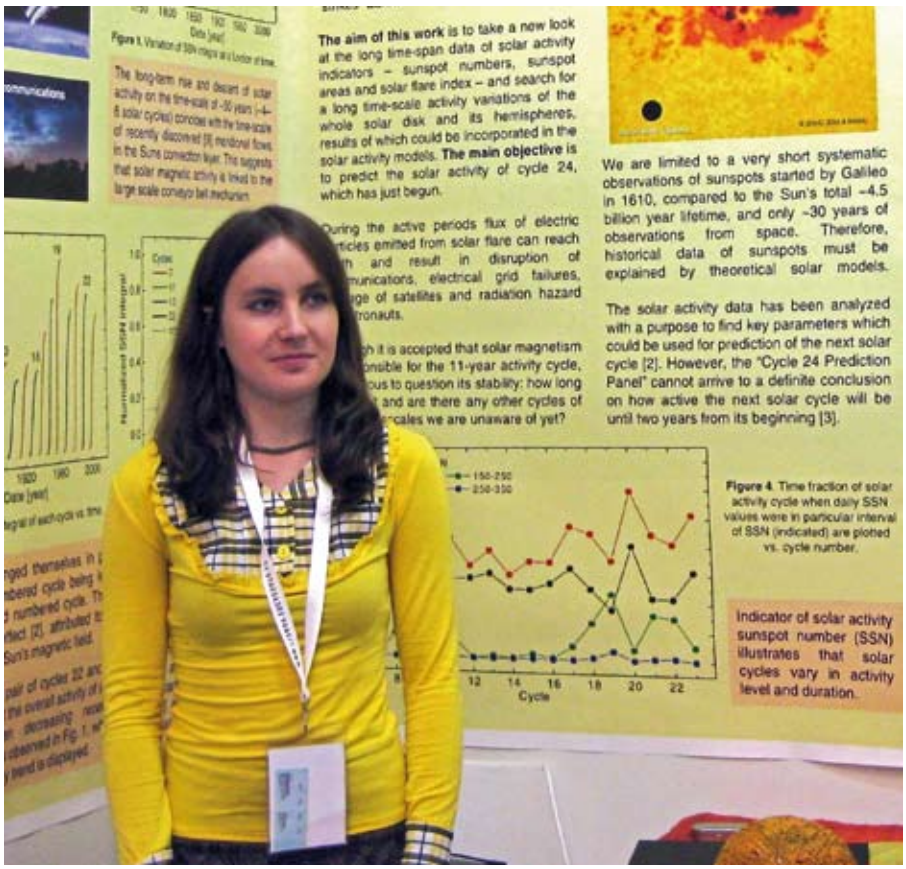
Į dvidešimt antrąjį ES jaunųjų mokslininkų konkursą atvyko šimtas dvidešimt penki moksleiviai iš 37 ES ir kitų šalių, kurie pristatė 85 mokslinius darbus. Juos vertino aštuoniolikos mokslininkų komisija, vadovaujama Izraelio atvirojo universiteto rektorės, profesorės H. Meser-Jaron (Messer-Yaron). Tris pirmąsias vietas laimėjo Lenkijos, Čekijos ir Vengrijos jaunieji tyrėjai, tris antrąsias – viena komanda iš Lenkijos ir dvi – iš Vokietijos, tris trečiąsias – Latvijos, Italijos ir Portugalijos atstovai. Specialių paskatinamųjų prizų (pavyzdžiui, stažuočių garsiausiose Europos mokslinėse laboratorijose, observatorijose, pakvietimų į Tarptautinį jaunimo mokslo forumą ir kita) buvo beveik antra tiek.

Dalyvavimas šiame konkurse suteikė ne tik praktinių žinių, noro toliau dirbti tiriamąjį darbą, bet ir gerų įspūdžių bei naudingos patirties. 23-iojo ES JMK sostinė Helsinkis jau ruošiasi priimti konkurso dalyvius, o kas atstovaus Lietuvai, paaiškės šį pavasarį. Iki susitikimo ir sėkmės ES JMK nacionaliniame etape!

Faktai

Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkursą Europos Komisija ėmėsi rengti 1989 m. norėdama paskatinti mokslu besidomintį jaunimą siekti mokslinės karjeros. Šiame tarptautiniame renginyje 1989–2011 metų laikotarpiu iš viso dalyvavo 2074 dalyviai (627 merginos ir 1447 vaikinai). Lietuva šiame konkurse dalyvauja nuo 1997 metų. Per tą laiką Lietuvos jaunieji mokslininkai laimėjo 7 prizus.

2001 m. Tomas Vaiseta laimėjo specialųjį prizą – stažuotę Europos šiaurinėje obser-



Asta Lučiūnaitė laukia astronomijos mėgėjų

Stasės Vaškonienės nuotrauka

Daugiau informacijos apie ES jaunųjų mokslininkų konkursą:

http://ec.europa.eu/research/youngscientists/index_en.cfm
http://ec.europa.eu/research/youngscientists/pdf/participation_factsheet_1989-2010.pdf#view=fit&pagemode=none

ES JMK Lisabonoje

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

vatorijoje (*European Northern Observatory*), 2003 m. Evaldas Trainavičius buvo apdovanotas kelione į Norvegijos Poliarinį institutą Svalbarde (*Norsk Polarinstitutt*), 2004 m. Laurynas Pliuškys laimėjo trečiąją vietą, o Julius Bogomolovas buvo apdovanotas stažuote Europos molekulinės biologijos laboratorijoje (*European Molecular Biology Laboratory*). 2005 m. Erikas Gaidamauskas laimėjo stažuotę vienoje iš EFDA (*European Fusion Development Agreement*) institucijų, o Gediminas Kiršanskas – Europos dalelių fizikos laboratorijoje (*European Particle Physics Laboratory*), priklausančioje Europos branduolinių tyrimų centrui (CERN). 2007 m. Rasa Briedytė ir Milda Jurėnaitė laimėjo specialiuosius prizus – stažuotes Europos sinchrotroninės spinduliuotės tyrimų centre (*European Synchrotron Radiation Facility*) ir Laujės-Lanževeno institute (*Institut Laue-Langevin*).

Elektros muziejus – seniai, seniai...

Stasės Vaškūnienės nuotrauka

Palaikymo komanda iš Lietuvos

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Mokinių galvose – idėjų gausa

Gražina Radzvilavičiūtė

Neapčiuopiamos, bet brangios. Nevaržomos, bet gležnos. Jos gali gimti miegant, tačiau kad gyventų ir bręstų, reikia daug pastangų ir darbo. Tai idėjos – bene didžiausias žmonijos turtas. Argi bėgiais riedėtų traukiniai, dangų raižytų lėktuvai, o nuo įvairių ligų būtų kuo gintis, jei ne idėjos, kirbėjusios kūrybingų žmonių galvose? Pavasarį ir rudenį pralėkusios *Idėjų mugės* dar kartą įrodė, kad idėjų pilnos ir Lietuvos mokinių galvos.

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Taip kaip pirmojoje

Įvykiai sukosi panašiai kaip pirmojoje *Idėjų mugėje*. Idėjų demonstravimo vieta – viešbučio „Panorama“ konferencijų salė. Veiksmas – dvi stendinių pranešimų sesijos, per kurias idėjos sulaukia ekspertų ir mugės svečių dėmesio: jos nagrinėjamos, aptariamos ir vertinamos. O per baigiamąją sesiją, arba renginio aptarimą, jaunieji idėjų autoriai išgirsta, kurias gi iš jų autoritetingi ekspertai pripažino perspektyviausiomis ir originaliausiomis.

Kaip grybai po lietaus

Antroji *Idėjų mugė* vyko 2010 m. gegužės 12–14 dienomis – prieš pat vasaros atostogas. Mokinių idėjoms tarsi duotas naujas startas – juk prieš akis dar visi metai kūrybos, patarimų, darbo tobulinimo rengiantis 2011 metų Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkursui. *Idėjų mugė* – ne konkursas, kuriame varžomasi dėl pirmosios vietos, todėl nereikia jaudintis, jei nežinai, kaip atsakyti į eksperto klausimą. Atvirkščiai – netgi verta daugiau klausytis: mokslininkų pastabos ir patarimai gali būti be galo svarbūs ir vertingi idėjai įgyvendinti ar jai išplėtoti. Taigi nors prizinės vietos nebuvo skiriamos, kai kuriuos darbus už perspektyvumą ir originalumą ekspertai išskyrė. O tarp originaliausių ir perspektyviausių darbų atsidūrė lyg grybai po lietaus pradėję dygti darbai apie... grybų auginimą bei jų panaudojimą ir kiek neįprastose srityse.

Dešimtokė Ona Anilionytė susidomėjo grybų auginimu maistui ir jų maistine verte. Prekybos centruose dažniausiai pardavinėjami baltieji pievagrybiai – jų Lietuvoje netrūksta. O štai Ona siūlo paįvairinti racioną kitais pramoniniu būdu auginamais grybais, kuriuose gausu vertingų maistinių medžiagų, – gluosninėmis kreivabudėmis. Jaunoji tyrėja pati jau pabandė šių grybų išauginti. Pasirodo, tai gana paprasta – kreivabudės gali būti auginamos ant lapuočių medienos, ant šiau-

dų polietileniniuose maišeliuose ar net ant tualetinio popieriaus ritinėlio!

Originaliai grybus panaudoti sugalvojo varėniškiai Karolina Jarusevičiūtė ir Justinas Stanevičius. Ant medžių parazituojančius kempininius grybus jie mala ir iš jų masės gamina neįprastos tekstūros popierių. Gal toks grybų popierius ir netaps įprastas spausdintuvams, tačiau neabejotinai tiks, tarkime, originaliam Kalėdų atvirukui!

Kitos varėniškės – Dalia Bartkevičiūtė ir Gailė Tumėnaitė toliau gilinosi į vilnos pluoštų dažymą grybų dažais. Šį kartą jos tyrė antioksidantų poveikį tokiais dažais dažytiems vilnos pluoštams.

Dumbliai – planetos gelbėtojai

Būtent taip savo idėją pavadino Kulautuvos vidurinės mokyklos mokinė Karolina Zakarauskaitė. O idėjos esmė tokia: įvertinti galimybę gaminti biodegalus iš keturių Lietuvos vandens telkiniuose tarpstančių dumblių rūšių, o jei tai, kaip sakoma, apsimokėtų, dar ir surasti tinkamiausias sąlygas šiems dumbliams auginti. Vienam aktyviausių jaunųjų tyrėjų Edgarui Skorulskui idėją pakišo pernai pavasarį išsiveržęs ir oro uostams ramybės nedavęs Islandijos ugnikalnis. Edgaras sumanė sukurti kietųjų dalelių detektorių, kuriuo būtų galima tirti orą darželiuose, mokyklose ar net namuose ir nustatyti jo užterštumą tokiomis dalelėmis.

Tendencijai ieškoti natūralumo pasidavusi Vilniaus Žirmūnų gimnazijos mokinė Karolina Subko domėjosi, ar iš pelkinių gailių galima būtų gaminti anestetikus. Šie augalai geriau žinomi uogautojams, mėgstantiems vaivorus, kurie auga pelkėtuose miškuose. Tokiose pat vietose veisiasi ir pelkinis gailis, saulėkaitoje skleidžiantis kvapą, nuo kurio kaipmat apsvaigsta galva. Karolina rengėsi iš pelkinių gailių gaminti ekstraktą ir tirti jo poveikį nervinėms ląstelėms.

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Ekspertų dėmesį patraukė Arūnės Balaikaitės ir Lauros Kisieliūtės siekis sukurti daugiamečių žolių poliploidų ir išsamūs nitratų ir nitritų kiekio tyrimai vaisiuose ir daržovėse, kuriuos atliko Leila ir Abdulla Varoneckai. Dar viena komisijai patikusi idėja – kauniečio Donato Vingrio pagamintas ir jau išbandytas metalo detektorius. Juo galima aptikti 10–12 cm gylyje žemėje gulinčias monetas ar net 25 cm gylyje pasislėpusį šalmą. O svarbiausia, kad savadarbis metalo detektorius tekainuoja keliasdešimt litų.

Obelis – ant palangės

Ne ką mažiau įdomių idėjų galima buvo išgirsti ir trečiojoje *Idėjų mugėje* (ji vyko 2010 m. spalio 27–29 dienomis), kuri, beje, dalyvių skaičiumi buvo didžiausia.

Daugelio dėmesio sulaukė kaunietis, dar tik aštuntokas Matas Navickas. Į Vilnių jis atsigabeno idėją hibridizacijos metodu išvesti miniatiūrinę, rausvais žiedais žydinčią ir net obuoliukus vedančią obelį. Jos aukštis tesiektų 30 cm, tad kambarinių augalų mėgėjai galėtų ją auginti tiesiog vazonėlyje ant palangės, be to, jomis būtų galima papuošti ir želdynus.

Dirvožemyje sukaupiamas milžiniškas anglies kiekis. Didelė jos dalis gali išsiskirti anglies dioksido pavidalu ir sustiprinti šiltnamio efektą. Todėl kėdainiečiai Justas Kupčinskas ir Adomas Švedas nutarė patyrinėti anglies kiekybinį pasiskirstymą dirvožemiuose su skirtinga augalų danga.

Ekspertai atkreipė dėmesį į Pauliaus Butkevičiaus sumanymą sukurti sportinius batelius su magnetine pakaba. Magnetais būtų slopinami pėdų smūgiai į žemę ir sumažinama sąnarių apkrova, tačiau dar reiktų pasukti galvą, kaip pasiekti, kad tokia stebuklinga avalynė kuo mažiau svertų. Anot Pauliaus, bateliai su oro pagalve greitai susidėvi ir prastai slopina smūgius, taigi jo darbas būtų žingsnis tobulinant sportinę avalynę.

Valikliai – iš pelenų, filtrai – iš nendrių

Ar galima pelenais ką nors išvalyti? Daugelis tikriausiai atsakysite, jog pelenais viską galima tik dar labiau išpurvinti. Tačiau būtent juos švarinimuisi buityje naudodavo mūsų močiutės ir šį valiklį atgaivinti nori jaunieji tyrėjai Marius Lubys ir Ieva Beržanskytė. Jie iš pelenų gamina šarmą, iš jo – batų valiklį ir indų ploviklį. Iš pelenų gaminamos valymo priemonės nebrangios, mažiau kenkia sveikatai, be to, jas pasidaryti galima pačiam. O idėja filtrais iš nendrių biomasės valyti pilkuosius vandenis kilo Edvinui Stankūnui iš Kauno rajono Raudondvario gimnazijos. Jis siekia sukurti priemonę, efektyviai šalinančią teršalus iš nutekamųjų vandenų. Natūralių medžiagų paieška bičių varozei gydyti – tauragiškio Vytauto Kalašinsko sumanymas. Tam jis tirs eglių spyglių miltelių, serenčių, čiobrelių ar cukraus pudros poveikį varozę sukeliančioms erkėms.

Mikrobangų poveikiu augalams domėjosi Aura Leimontaitė ir Rūta Kapustaitė. Merginos norėtų ištirti, ar nuo jo gali pasikeisti augalo ląstelių struktūra. Paulius Matulis taip pat savo tyrimuose naudotų mikrobangas. Jo idėja – virusų taikymas žmonėms gydyti, o mikrobangomis jis ketina suardyti viruso lipidinį sluoksnį. Rimvydas Rubavičius ir Kamilė Daukintytė buvo bene drąsiausios idėjos autoriai – jų simbiozinis variklis, pagrįstas kvėpavimo ir foto-

sintezės reakcijų priklausomybės sąryšiu, turėtų iš esmės kompensuoti dabar įprastų energijos išteklių spartų mažėjimą ir lemti esminį perversmą energetikos srityje.

Įdomus buvo šiauliečių Tomo Šarausko ir Manto Markevičiaus darbas. Jie tyrinėjo Rubenso vamzdžio taikymo galimybes. Tai prietaisas, kurį naudojant galima pamatyti garso bangas. Ilgame vamzdyje eilute išgręžtos skylutės, viename jo gale įtaisytas garsiakalbis, kitame – dujų tiekimo vamzdelis. Uždegus dujas kartu su garso banga išilgai vamzdžio sklinda ir liepsna. Vaizdas įspūdingas, ar ne? Tačiau vaikinai sako, jog Rubenso vamzdis skirtas ne tik akims paganyti, – pasinaudojus jo veikimo principu gali pavykti suvaldyti gaisrą miške, durpyne, uždaroje patalpoje.

Matyti, jog originalių ir perspektyvių idėjų mokiniams netrūko. *Idėjų mugių* dalyviai, pasitarę su konsultantais, grįžo tobulinti ar įgyvendinti savo mokslinių sumanymų. O kaip jiems seksis, pamatysime Europos Sąjungos jaunųjų mokslininkų konkurse.

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Eruditų miestas – Šiauliai

Gražina Radzvilavičiūtė

Visi žino: ką išmoksi – ant pečių nenešiosi. Ir kur tik nepraverčia žinios! 2010 metų gruodžio 2–3 dienomis į Vilnių plūdo jaunieji eruditai. Nors nereikėjo parengti nei stendų, nei pranešimų, mokiniai atvyko ne tuščiomis: viską, ko jiems gali prireikti, jie atsivežė galvose...

Jaunojo tyrėjo nuotrauka

Teko atrinkti

Projekto *Mokinių jaunųjų tyrėjų atskleidimo ir ugdymo sistemos sukūrimas* renginiai sulaukia vis gausesnio dalyvių būrio. Tai organizatoriams ir džiaugsmas, ir rūpestis: džiugu, jog tiek daug mokinių turi drąsių idėjų, trokšta jomis pasidalyti, parodyti, ką moka ir žino, tačiau dėl norinčiųjų dalyvauti gausos tenka daryti jų atranką.

Kad ir kaip norėta, kad antrajame *Eruditų turnyre* varžytųsi visi pageidaujantys, to neleido galimybės, todėl pagrindiniu atrankos principu tapo narystė Jaunųjų tyrėjų klube ir aktyvus dalyvavimas projekto renginiuose. Turnyre rungėsi 17 komandų po 6 mokinius.

Apšilimas – gyvybiškai svarbus

Sportininkai žino, jog didesniems krūviams reikia tinkamai pasirengti ir padaryti apšilimą. O kad sklandžiau sektųsi spręsti pasaulinės reikšmės problemas ir pasirūpinti žmonijos ateitimi, apšilimas laukė ir jaunųjų tyrėjų. Tai buvo nei daug, nei mažai – 40 klausimų ir kiekvienam penki atsakymo variantai.

Jei jau prakalbome sporto terminais, tai pirmąjį *Eruditų turnyro* turą galėtume pavadinti bėgimu su barjerais: vienus mokiniai peršoko lengvai, o kitus kliudė. Ką mokiniai turėjo išmanyti, kad šį etapą įveiktų kuo sklandžiau? Receptas toks: truputis astronomijos, biologijos, istorijos, fizikos, chemijos, matematikos, o svarbiausia – prieš vykstant į turnyrą reikėjo paskaityti *Jaunojo tyrėjo* žurnalą, nes atsakymai slėpėsi ir ten.

Lengviausiai mokiniams sekėsi įveikti fizikos ir geografijos barjerus, o žinių apie mokslo istoriją pritrūko. Po šio turo eruditai sužinojo, kokios teorijos pradininkas buvo mūsų kraštietis Teodoras Grothusas ir kuris iš Lietuvos kilęs mokslininkas nustatė, jog cukrinio diabeto priežastis – sutrikusi kasos funkcija.

Eruditų turnyro akimirkos

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Išmatuoti Žemę? Tai paprasta!

Kai mankšta atlikta, galima griebtis ir sunkesnių darbų. Antrojo turo užduotys reikalavo ne vien sausų žinių, bet ir mokėjimo jas kūrybiškai pritaikyti. Štai kad ir tokia užduotis: pasiūlyti metodų Žemės spinduliui nustatyti, juos pagrįsti ir nurodyti, kokių techninių priemonių tam reikia, įvertinti nustatyto Žemės spindulio tikslumą. Manote, tokia užduotis – per sunkus galvosūkis jauniesiems tyrėjams? Juk senovės graikų mokslininkas Eratostenas Žemės dydį gana tiksliai nustatė prieš porą tūkstančių metų, pasinaudojęs tik šešėliu ir kupranugariu. Na, o į eruditus pretenduojantys mokiniai galėjo naudotis viskuo, ką siūlo XXI a. technologijos. Ir naudojosi: Žemę išmatuoti norėjo skrisdami lėktuvais, gręždami ją kiaurai, fotografuodami iš kosmoso, apjuosdami kaspinu ar panašiai. Kam taip vargti? Pasirodo, Žemės spinduliui apskaičiuoti pakanka pastabumo ir Pitagoro teoremos.

Žemė – žmonių planeta

Atokvėpio akimirkų būta ir antrajame ture – tai augalų atpažinimo užduotys. Pirmoji ypač pravertė besirengiant šv. Kalėdoms: reikėjo atpažinti dešimt visžalių augalų, kuriuos tiktų papuošti vietoj eglutės – tują, kukmedį, pušį... Kitas žolynų ir uogų rinkinys buvo kur kas spalvingesnis ir, galima sakyti, skanesnis – užduoties maišelyje buvo visko nuo džiovintų dilgėlių iki spanguolių uogų – to gero, iš ko visais laikais močiutės virė gėrimą nuo šimto ligų. Reikia pasakyti, jog antrasis ir trečiasis turai buvo skirti Žemei – žmonių planetai. Tarsi tam, kad paaiškintų šią rašytojo Antuano de Sent-Egziuperi (Antoine de Saint-Exupéry) frazę, jaunieji tyrėjai turėjo skaičiuoti „mirusias sielas“. Užduotis, žinoma, skambėjo ne taip baugiai: „Nustatykite, ar šiuo metu Žemėje gyvenančių žmonių yra daugiau nei mirusių praeityje, pateikite įrodymų.“ Jaunieji tyrėjai galėjo naudotis pateiktais įvairių laikotarpių statistiniais gimimų, mirčių ir gyvenimo trukmės duomenimis. Tačiau, nuo gausybės skaičių mokiniams lengviau netapo – duomenys kaip reikiant sujaukė mintis.

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Ateivių kailyje

Paskutinioji antrojo turo užduotis reikalavo į Žemę pažvelgti ateivio akimis tiesiogine šių žodžių prasme. Ekrane sušvito toks klausimas: „Įsivaizduokite, kad jūs esate ateiviai, jūsų erdvėlaivis nusileido Mėnulyje. Jūsų tikslas – kuo patikimiau nustatyti, ar Žemėje yra gyvybė.“

Tiesa, nagrinėjant atsakymus paaiškėjo, jog mokiniams ėmė trūkti fantazijos – visų komandų siūlomi būdai buvo panašūs ir nelabai veiksmingi. Dažniausiai siūlyta tiesiog žvilgtelti į Žemę galingu teleskopu, pro kurį pamatytum žalumą, debesis, šviesas ir kitus gyvybės įrodymus.

Galbūt iš jaudulio, o galbūt dėl to, jog norėjo surašyti kiek galima daugiau variantų, kai kurie atsakymai, kaip juokavo komisijos pirmininkas prof. Vladas Vansevičius, pasidarė panašūs į Dėdės Fiodoro, katino Matroskino ir šuns Šariko laišką iš Rūgpienių kaimo: kiekvienos eilutės autorius skirtingas. Bet juk kūrybiškumas jokių apribojimų nepaiso, ar ne?

Trečiasis turas pareikalavo daug jėgų

Antrąją renginio dieną vykęs paskutinis turnyro turas iš dalyvių pareikalavo didžiausių pastangų, kūrybiškumo, originalumo ir rankos miklumo. Taigi: prieš akis dvi užduotys, sudėtingumu gerokai lenkiančios ankstesnes, ir kiekvienai skirta po valandą. Viena komanda užduočių sprendimus net norėjo suvaidinti, bet juk mokslo pasaulyje bendravimas dažniausiai vyksta raštu, tad savo pasiūlymus reikėjo ne tik paremti svariais argumentais, bet ir suprantamai aprašyti.

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

III vietos laimėtojai

II vietos laimėtojai

I vietos laimėtojai

Visų pirma, reikėjo pasiūlyti žmonijai tinkamiausią būdą energijos gamybos problemai išspręsti XXI a. Tam reikėjo įvertinti energijos poreikį, išsamiai aprašyti siūlomą būdą, numatyti jo padarinius aplinkai ir kuriam laikui pakaks juo gaminamos energijos. Būtinai reikėjo argumentuoti kiekvieną teiginį. Antroji užduotis – suplanuoti mokslinį tyrimą, kurio tikslas – nustatyti, ar šiuo metu vyksta klimato atšilimas ar atšalimas. Kaip ir dera moksliniam tyrimui, reikėjo suformuluoti uždavinius, pasirinkti metodus ir įrangą, numatyti rezultatų patikimumą ir tikslumą.

Pralaimėjusių nėra

Suprantama, kad 17-os komandų išsamių ateities vizijų ir tyrimų projektams išnagrinėti reikėjo daug laiko, todėl buvo nuspręsta apdovanoti tuos, kurie surinko daugiausia balų po pirmų dviejų turų. Nugalėtojais tapo Šiaulių Juliaus Janonio gimnazijos mokiniai: Henrikas Dapkus, Mantas Mikšys, Gediminas Odminis, Paulius Staponkus, Domantas Varapnickas ir Didždvario gimnazijos mokinys Montvydas Klumbys. Antrąją vietą užėmė Pasvalio Petro Vileišio gimnazijos komanda: Monika Grinskytė, Jonas Juozapaitis, Unė Rastauskaitė, Laura Šivickaitė, Vaiva Tamulionytė, Gabrielė Židonytė, o trečia liko jungtinė Molėtų ir Jonavos rinktinė – Vytautas Dranseika, Barbora Dranseikaitė, Rūta Lovčikaitė, Tomas Šervenikas, Nerijus Šiaudvytis ir Erikas Žukovskij.

Nors *Eruditų turnyro* dalyviai išvyko į namus su dovanomis, o nugalėtojų komandos ir su diplomais, visiems labai knietėjo sužinoti, kaip sekėsi įveikti paskutiniojo turo užduotis. Jaunuolių galvose gerų idėjų su kaupu, bet originaliai išspręsti energetikos ir klimato kaitos klausimų nepavyko. Matyt, ne juokai dvi dienas narplioti sudėtingus uždavinius – išsisemi. Paskutinių užduočių sprendimai priminė internete, žurnaluose mirgančius variantus, nepasiūlyta išties naujų idėjų. Todėl komisija nutarė, kad šiame ture laimėjusių ir pralaimėjusių nėra. O 2010 metų eruditų miestu tapo Šiauliai.

JAUNOJO TYRĖJO NUOTRAUKOS

Meilės chemija

Vincas Būda

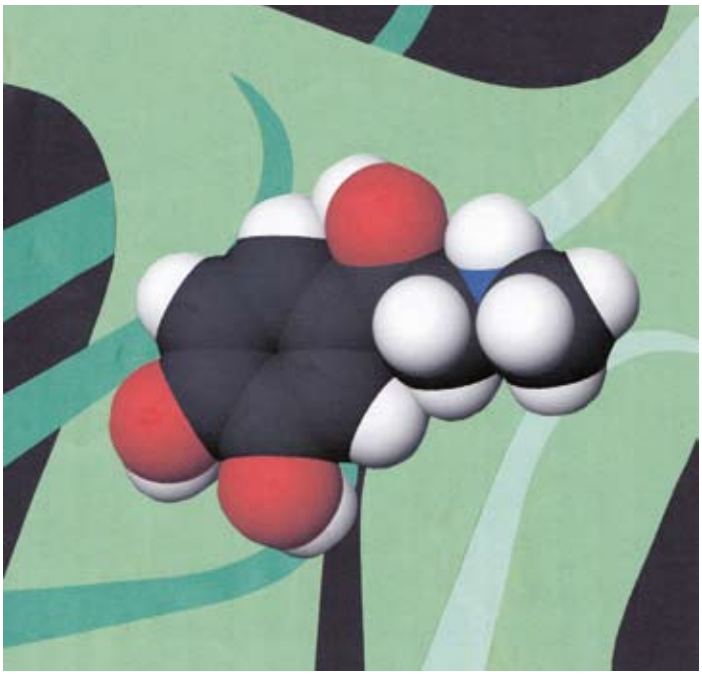
Ne, pavadinime klaidos tikrai nėra, kalbėsime ne apie meilę chemijai – mokslui, kurį daugelis laiko nuobodžiu ar net pavojingu (pesticidai, nuodingos, kancerogeninės medžiagos ir kita). Aptarsime, kas sieja vieno žmogaus meilę kitam ir chemiją. Pakalbėsime apie meilę, kuri nuo antikos laikų begalę kartų apdainuota, kuriai skirta daugybė eilių ir romanų, dėl kurios aukojamasi ir apie kurią, galima neabejoti, beveik visi žino viską. Tik ar tikrai viską? Kas sieja meilę ir chemiją? Koks ryšys tarp giliausių žmogaus jausmų ir skysčių ar miltelių sandariuose buteliukuose su etiketėmis?

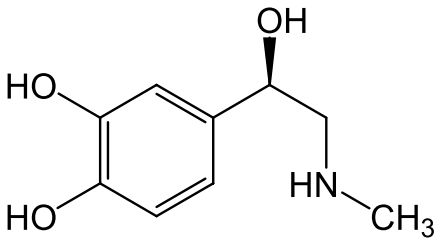
Geriau pagalvojus, tas ryšys ganėtinai paprastas. Juk esame sudaryti iš gausybės įvairiausių junginių, „sumontuotų“ iš cheminių elementų. O „statybinių medžiagų“ ir energijos taip pat semiamės iš maiste esančių cheminių junginių. Netgi mūsų rega, klausa, lyta ir kiti pojūčiai taip pat priklauso nuo chemijos: iš aplinkos atėję fiziniai signalai (šviesa, garsas) organizme anksčiau ar vėliau paverčiami cheminiais. O mūsų organizmo procesus reguliuoja dvi darniai sąveikaujančios valdymo sistemos: nervinė ir humoralinė. Abi glaudžiai susijusios su chemija. Humoralinė sistema visu šimtu procentų yra cheminė – čia karaliauja hormonai, kurie mus valdo, menkai tepasiduodami smegenų (t. y. sąmoningai) kontrolei. Pavyzdžiui, smarkiai supykę galime taip išreikšti savo emocijas, kad vėliau dėl to neretai tenka gailėtis, bet susitvardyti užplūdus pykčio bangai ne kiekvienam pavyksta. Tokiais atvejais protą nugali galinga hormonų banga. Hormonai susiję ne tik su pykčiu, bet ir su kitomis mūsų emocijomis, kurioms, žinoma, priskiriama ir meilė.

Kai ateina meilė... Kas tada dedasi įsimylėjėlio organizme?

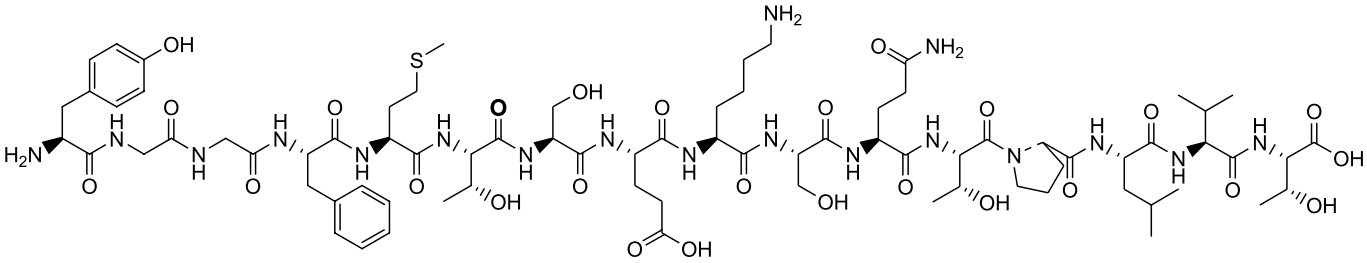
Ogi ima veikti hormonai. Jie yra tam tikri informaciniai signalai (komandos), nurodantys, ką ląstelė, organas ar visas organizmas turi daryti. Signalai negali būti ilgalaikiai – prie jų būtų priprantama ir nebereaguojama, todėl išskirti hormonai nukeliauja iki taikinio ir jį pasiekę (perdavę komandą) nyksta – susijungia su taikinio molekulėmis, kurios juos „suryja“, o vėliau – suardo arba modifikuoja. Naujai komandai reikia naujos hormonų porcijos.

Jau yra žinoma per 100 įvairių žmogaus hormonų, bet tikrai ne visi. Per pastaruosius 10–20 metų sužinota ir apie tuos hormonus, kurie ima veikti įsimylint arba





Adrenalino struktūrinė formulė – jo organizme padaugėja supykus ar išsigandus



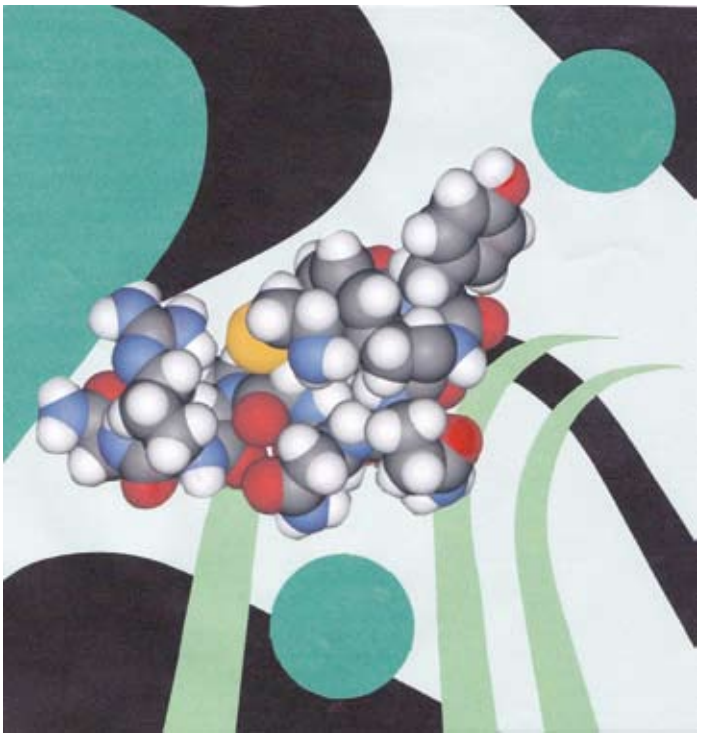
Alfa-endorfino struktūrinė formulė – taip atrodo įsimylėjėlių hormonas

įsimylėjus. Su meile susiję svarbiausi (bet jokiu būdu ne vieninteliai) penki hormonai: feniletilaminas, adrenalinas, endorfinas, vazopresinas ir bene ypatingiausias, dažnai netgi vadinamas meilės hormonu, – oksitocinas.

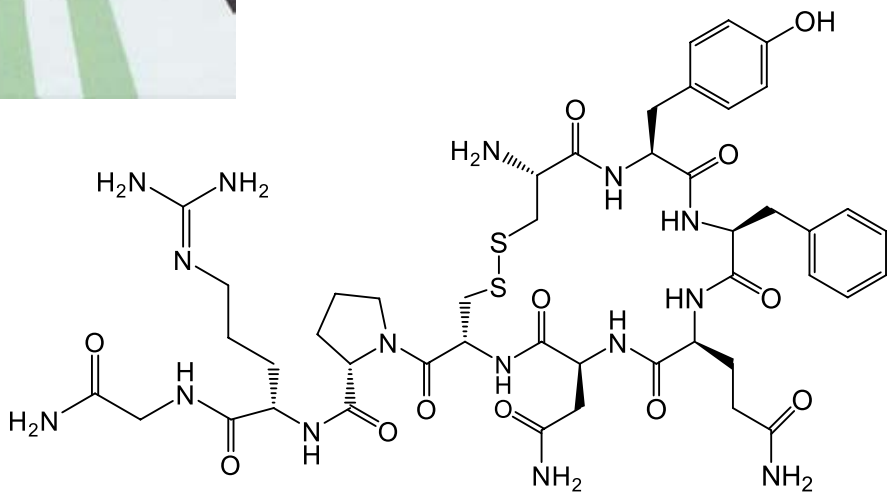
Feniletilaminas labai mažais kiekiais sintetinamas smegenyse ir išskiriamas į kraują. Šis hormonas yra nervų sistemos stimuliatorius, susijęs su dėmesio partneriui išlaikymu. Tai dėl jo su patinkančiu žmogumi taip lengva praplepėti iki pat paryčių! Beje, šis hormonas priklauso junginių grupei, kurie žinomi kaip narkotikai. Kai feniletilaminas per kraują pasklinda po organizmą, širdis ima dažniau plakti, pagilėja kvėpavimas, šiek tiek prasiplečia vyzdžiai, gali sudrėkti delnai, o skruostus – išmušti raudonis. Šis hormonas sukelia ypatingą būseną ar pojūtį, panašų į tą, koks kyla vasarą skriejant motociklu. Kai susitinka dviejų žmonių, kurie vienas kitam patinka ir jaučia tam tikras emocijas, žvilgsniai, smegenys pagamina feniletilamino porciją. Beje, sukelti teigiamas emocijas nėra vienintelė šio hormono funkcija. Jis dalyvauja ir sukeliant su baime susijusias emocijas! Tad nuo laimės iki baimės – mažiau nei vienas žingsnis…

Adrenalinas (arba epinefrinas) – plačiai žinomas hormonas. Jį gamina virš inkstų esančios liaukos, pagal buvimo vietą vadinamos antinksčių liaukomis. Kaip įsilieti adrenalino, aiškinti nereikia – užtenka smarkiai supykti ar išsigąsti. Nuo seno žinoma, kad būtent adrenalinas išsigandus verčia su neregėta energija kovoti arba sprukti. Jis suaktyvina visą organizmą, parengia jį galimai sudėtingai užduočiai vykdyti. Kada išskirti šį hormoną, signalą liaukai pasiunčia galvos smegenys. Gal mažiau žinoma, kad ir labai sušalus arba perkaitus, esant dideliam fiziniam krūviui taip pat išsiskiria nemaža adrenalino dozė. Turintieji silpnesnę širdį su adrenalino „dozavimu“ turi elgtis labai atsargiai, be reikalo nesinervinti. Tačiau ne taip seniai paaiškėjo, kad adrenalino gauname net ir būdami ramūs, paprasčiausiai bendraudami namuose su... mylimu žmogumi. Šiuo atveju adrenalino signalai sukelia reakciją, kuri prilyginama tam tikrai parengties būklei (išoriškai kiek panašiai į streso, tačiau – malonaus): šiek tiek prasiplečia vyzdžiai, širdis ima plakti kiek dažniau, padažnėja ir kvėpavimas, be to, dingsta alkio jausmas – visa virškinimo sistema organizmui tampa nebesvarbi – ji pereina į lėtojo veikimo režimą. Organizmas nemiega, o gana dėmesingai kažko lūkuriuoja...

Endorfinas. Šiuo pavadinimu dažnai nusakomas ne vienas, o visa grupė struktūriškai panašių hormonų (alfa-endorfinas, beta-endorfinas, gama-endorfinas ir kt.). Kurie iš jų veikia įsimylėjus, išsamiau nesigilinsime ir vartosime bendrą jų pavadinimą – endorfinas. Chemikai šį junginį priskiria polipeptidams. Anksčiau buvo žinoma, kad žmogui pajutus skausmą, endorfiną sintetina smegenyse esanti hipofizės (posmegeninė) liauka. Tačiau tai ne vienintelis atvejis, kada gaminami endorfinai. Dėl nemažų išskiriamo endorfino dozių įsimylėjėliai jaučiasi laimingi, jų nuotaika ypač gera. Organizme daugiau endorfino gaminama ir valgant šokoladą arba ką nors saldaus ir netgi riebaus. Tad vaišinimasis šokoladu ar saldainiais maloniai nuteikia neatsitiktinai. Kad endorfinai susiję su meile, imta teigti po 1976 m., kai buvo paskelbti tai liudijantys amerikiečių mokslininkių K. Pert (C. Pert) ir N. Ostrovski (Ostrowski) tyrimai. Netgi imta kalbėti apie endorfinų kilmės meilės teoriją. Jei žmogaus organizme endorfino sumažėja, labai didelė tikimybė, kad kils depresija arba ims kaitaliotis nuotaika.

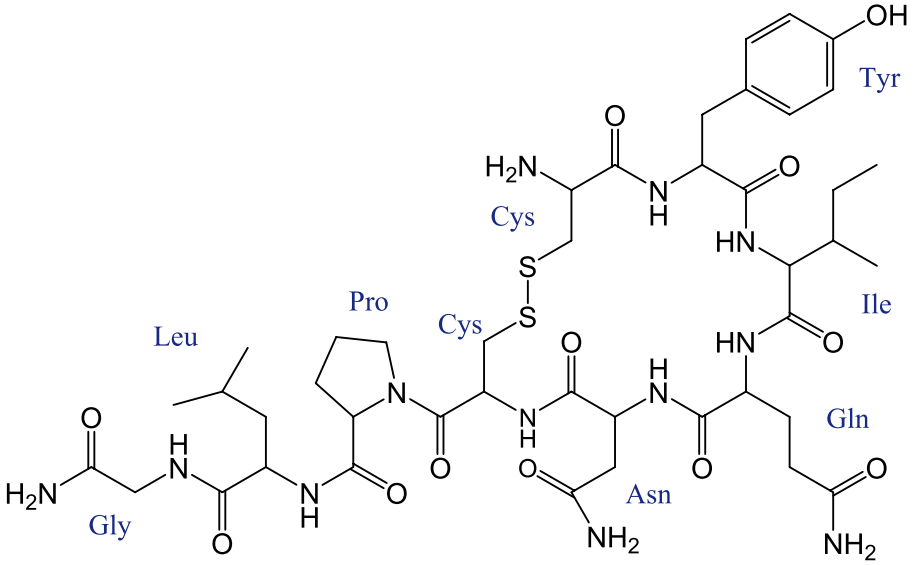


Vazopresino struktūrinė formulė – nuo šio junginio priklauso, ar pora ilgai išlaikys gerus santykius

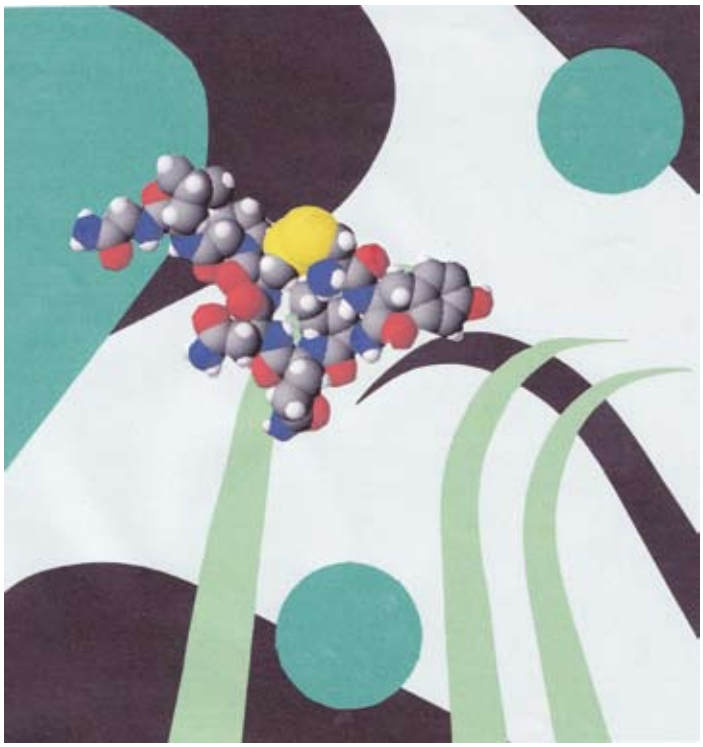


Su meile, tačiau jau ne pradiniuose jos etapuose, o gerokai vėliau, susijęs dar vienas hormonas – vazopresinas. Į kraują šį hormoną išskiria galvos smegenų dalis, vadinama hipotalamu. Yra faktų, leidžiančių manyti, kad vazopresinas lemia žmogaus monogamiškumą – gebėjimą išlaikyti gerus poros santykius ilgą laiką. Visiems gana gerai žinoma, kad gerus žmonių santykius neretai sugriauna... besaikis alkoholio vartojimas. Tai pastebi ir paaiškina meilės hormonų tyrėjai. Pasirodo, didelis alkoholio kiekis slopina vazopresino sintezę organizme! Jei mažai gaminama vazopresino – poros santykiai ilgai netruks. Beje, šio hormono sintezę organizme slopina ne tik alkoholis, bet ir kava, todėl šių gėrimų mėgėjai turėtų būti atsargesni... Vazopresinas reguliuoja ir kitus organizme vykstančius procesus: jis yra antidiuretinis hormonas, kuris ima veikti inkstus, kai žmogaus organizme sumažėja vandens, taip pat didina kraujospūdį.

Kad įsimylėjėliams patinka glaustis vienam prie kito – akivaizdu: apsikabinusių jaunuolių porelės – dažnas reiškinys. Tokią elgseną sukelia hormonas, vadinamas oksitocinu. Jo ypač daug kūdikį krūtimi maitinančios moters organizme. Šis hormonas skatina kūdikį glausti, myluoti, juo rūpintis. Tad pagal poveikį žmonių elgsenai oksitocinas gali būti vadinamas įvairiai: motiniškumo, glamonėjimo, glaustymosi, taip pat ir meilės hormonu. Kai stipriai apkabinate, glėbesčiuojatės ar glamonėjate, organizme taip pat gaminamas šis hormonas. Jis atsakingas už saugumo pojūtį ir išsiskyręs leidžia pajusti, jog esate ne vienas, pašalina baimes ir įkvepia pasitikėjimo savimi. Štai kodėl įsimylėjėliams taip reikalingos glamonės. Tad oksitocinas susijęs su pasitikėjimu, empatija (gebėjimu įsijausti į kito padėtį, suprasti kito jausmus), kilnumu, dosnumu, didžiadvasiškumu – jausmais, kurie neabejotinai užplūsta ir lydi įsimylėjėlius. Atliekant bandymus su sintetiniu oksitocinu (savanoriams buvo duodama jo įkvėpti), pastebėta, kad jis teigiamai veikia geruosius jausmus. Tačiau 2009 m. Haifos universiteto mokslininkai atskleidė, kad šis hormonas yra susijęs ir su visai priešingais įsimylėjėliams jausmais – pavydu, įtarumu, nepasitikėjimu, piktdžiugiavimu. Šiuo metu aišku, kad oksitocinas tarsi nuo grandinės „paleidžia“ elgseną, kurią lemia vyraujančios asmens socialinės nuostatos: oksitocinas paryškina ir teigiamas, ir neigiamas emocijas. Todėl šį hormoną galima būtų vadinti ir emocijų ryškalu. Beje, oksitocinas yra pirmasis polipeptidinis hormonas, kurį mokslininkams pavyko susintetinti (1953 m.).



Oksitocino struktūrinė formulė – jis skatina vaikščioti įsimylėjėlių poreles apsikabinus



JAUNOJO TYRĖJO ILIUSTRACIJOS

Kaip nustatomas hormono poveikis žmogui?

Mokslo žurnale „Biologinė psichiatrija“ (*Biological Psychiatry*) išsamiai aprašytas oksitocino poveikio žmogui tyrimas, kuriam buvo parinkti 56 žmonės. Pusė iš jų pirmiausia įkvėpė sintetinio hormono oksitocino, o po kurio laiko – placebo (neaktyvaus pakaitalo). Antrajai tiriamųjų grupei abi medžiagos buvo duodamos atvirkščia tvarka: pirmiau įkvėpti placebo, o po kurio laiko – oksitocino. Tiriamieji nežinojo, ko jie įkvepia. Įkvėpęs medžiagos tyrimo dalyvis turėjo žaisti kompiuterinį žaidimą su nežinomu konkurentu (dalyviai nežinojo, kad tai – kompiuteris) ir stengtis laimėti. Žaidžiantysis turėjo pasirinkti vienerias iš trijų durų, už kurių buvo prizas – tam tikra pinigų suma. Kartais tiriamasis laimėdavo daugiau pinigų, o kartais mažiau nei varžovas. Tokios sąlygos buvo palankios pavydo ar piktdžiugiavimo emocijoms kilti. Tyrimas parodė, kad oksitocino paveikti žaidėjai, pralaimėję konkurentui, kur kas labiau jam pavydėjo ir labiau piktdžiugiavo laimėję, negu įkvėpę placebo. Taip buvo įrodyta, kad oksitocinas sustiprina ir teigiamas, ir neigiamas emocijas. Šis hormonas būdingas visiems žinduoliams, todėl neabejotina, kad jį paveldėjome iš savo pirmtakų. Bandymais nustatyta, kad prerijų pelėnų ir žiurkių organizme oksitocinas susijęs su lizdo sukimu, iš lizdo iškritusių jauniklių sunešimu į jį, ryšių tarp suaugusių gyvūnų poros (patelės ir patino) formavimusi. Bendrystė su gyvūnais leidžia išsamiau tyrinėti šį ir kitus hormonus.

Įsimylėjus širdies veiklos pokyčiai yra akivaizdžiausi, todėl ji tapo meilės simboliu. Iš tiesų juo turėtų būti kelios liaukos, kurių diktatui nuolankiai paklūsta širdis. O ką simbolizuoja širdį verianti strėlė? Tikriausiai hormonų audras, kurias žmonija atrado kur kas anksčiau, nei sužinojo apie pačius hormonus.

Teodoras Grothusas

Juozas Algimantas Krikštopaitis

Gyvename sparčios įvykių kaitos laikais. Kasmet daugėja mokslinių tyrimų duomenų, todėl kas dešimtmetį ir net dažniau tenka naujai pažinti pasaulį žiūrint į praeitį jau nuo sukauptų žinių viršukalnės. Šiandien žvelgiame į XIX a. pradžioje Šiaurės Lietuvoje gyvenusio ir dirbusio chemiko ir fiziko mokslinį palikimą ir atrandame naujų dalykų, reikšmingų mūsų dienų gamtos mokslams. Kviečiu susipažinti su išgarsėjusiu pasaulyje mūsų kraštiečiu – pirmosios elektrolizės teorijos autoriumi Teodoru Grothusu (Cristian Johann Dietrich Theodor von Grotthuss, 1785–1822).

Tedoras Grothusas (nežinomo amžininko piešinys su T. Grothuso parašu). Originalas saugomas Bauskės muziejuje, Latvijoje.

Svarbiausi nuopelnai mokslui

Mokslui reikšmingiausi T. Grothuso elektrolizės ir šviesos sąveikos su įvairiais kūnais tyrimai. Jų rezultatais jis rėmėsi kurdamas cheminių ir fizikinių procesų modelius. Anot T. Grothuso, gamtoje vieš-patauja nuolatinė elektrinės kilmės šuolinių sąveikų grandinė. Tai universali reiškinių aiškinimo schema. Vėliau ją naudojo M. Faradėjus (Faraday), A. M. Amperas (Ampère), Dž. K. Maksvelas (J. C. Maxwell) ir kiti mokslininkai, kūrę elektrodinamikos pradmenis ir pagrindines dabarties mokslo sąvokas (jonas, jėgų laukas, indukcija, slinkties srovė, artiveikos principas), padedančias atskleisti mikropasaulio sandarą.

1903 m. švedų chemikas ir fizikas S. A. Arenijus (Arrhenius) atsiimdamas Nobelio premiją pasakė, kad jo aukštai įvertintas darbas, kuriame pateikta naujausiais tyrimų duomenimis pagrįsta elektrolitų teorija, yra T. Grothuso elektrolizės teorijos išplėtojimas. T. Grothuso elektrolizės teorija, paaiškinusia elektros srovės tekėjimą per skysčius, naudojosi anglų chemikas ir fizikas H. Deivis (Davy, 1778–1829) cheminio giminingumo, o švedų chemikas ir mineralogas J. J. Berselijus (Berzelius, 1779–1848) elektrocheminio dualizmo (molekulių skilimui į skirtingo krūvio elementus elektrolizės metu) idėjai plėtoti.

Remiantis mano atliktais lyginamaisiais tyrimais galima teigti: jei Nobelio premija

Išlikęs Gedučių dvaro ūkinis pastatas

Jugzo Algimanto Krikštopaičio nuotrauka

būtų įsteigta šimtmečiu anksčiau, T. Grothusas būtų du kartus nominuotas – už pirmąją elektrolizės teoriją ir už fotochemijos dėsnius. Tuo iki šiol negali pasigirti nė vienas Lietuvos mokslininkas.

Be elektrochemijos, T. Grothusas tyrė ir kitus reiškinius. Jo dujų užsiliepsnojimo, degimo ir sprogimo tyrimų rezultatais buvo pasinaudota kuriant saugią (nesukeliančią sprogimo) šachtininkų lempą. Ištyręs šviesos sąveiką su medžiagomis, 1817 metais T. Grothusas suformulavo fotochemijos dėsnius: cheminę reakciją sukelia tik medžiagos sugerta šviesa[1], reakcijos produktų kiekis priklauso nuo šviesos intensyvumo ir poveikio trukmės. Šio dėsnio atradimas nepelnytai priskirtas chemikams R. V. Bunzenui (R. W. Bunsen) ir H. E. Roskui (Roscoe). T. Grothusas sukūrė naujų cheminės analizės būdų; vienu iš jų tyrinėjo Smardonės (dabar Likėnų) mineralinių šaltinių cheminę sudėtį. Mokslininkas susintetino kelis junginius (kalio, geležies, aukso, sidabro rodanidus – rodanido (tiocianato) rūgšties HSCN druskas). Darydamas bandymus su savimi ir vivariumo naminiais gyvūnais tyrė rodanidų toksiškumą ir nustatė, kad jie tinka vidurių negalavimams gydyti. Mūsų talentingasis tėvynainis laikomas ir organinių junginių elektrolizės pradininku. Taip pat labai vertingi jo samprotavimai apie meteoritus. T. Grothusas paaiškino Biržų rajono karstinių įgriuvų atsiradimo priežastis, kurios iš esmės artimos žinomoms šiais laikais. Domėdamasis Šiaurės pašvaistėmis, uraganais, jūrų srovėmis, Žemės magnetizmu, jonvabalių švytėjimu mokslininkas išsakė ne vieną mokslui reikšmingą idėją. Niurnberge 1820 m. pasirodė rinktiniai T. Grothuso raštai *Fizikiniai cheminiai tyrimai* (*Physisch-chemische Forschungen*). Po aštuonių dešimtmečių T. Grothuso rinktiniai raštai *Traktatas apie elektrą ir šviesą* (*Abchandlungen über Elektrizität und Licht*) buvo paskelbti Leipcige garsiojoje Gamtos mokslų klasikų veikalų serijoje *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften* (nr. 152, 1906 m.), įsteigtoje V. Ostvaldo (W. Ostwald).

Kelio pradžia

Teodoras Grothusas gimė 1785 m. sausio 20 d. Leipcige, jo tėvams keliaujant pašto karieta iš Gedučių dvaro[2] pasisvečiuoti į protėvių saksų žemę. Kelių dienų amžiaus Teodoras jau tapo studentu: buvo įtrauktas į Leipcigo universiteto studentų sąrašą ir iš rektoriaus gavo pažymėjimą *Inscriptions-Diploma*. Tuo pasirūpino tėvų bičiulis ir naujagimio krikštatėvis – žinomas vokiečių rašytojas Kr. F. Veisė (Chr. F. Weiße).

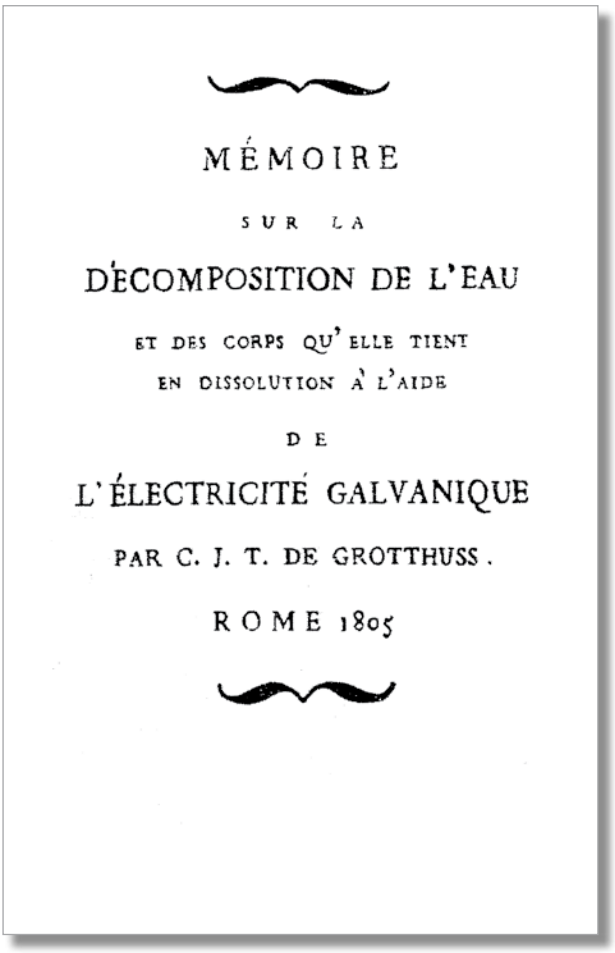
Mokslininko tėvai – Gedučių dvaro savininkai, kilę iš Livonijos riterių, atkeliavusių XV a. iš Vestfalijos. Grothusų palikuonys, praturtėję ir įsitvirtinę Livonijoje bei Kuršo kunigaikštystėje, ėjo įvairias aukštas pareigas, dalyvavo politiniame ir kultūriniame krašto gyvenime. Teodoro tėvas Evaldas Dytrichas (Ewald Dietrich) Grothusas garsėjo kaip geras pianistas, improvizatorius ir kompozicijų kūrėjas. Ne vieną jo kūrinį atliko didžiojo J. S. Bacho (Bach) sūnus Karlas Filipas Emanuelis.

Jaunasis mokslininkas augo tarp protėvių sukauptų knygų, tėvo surinktų augalų ir mineralų kolekcijų. Labai mėgo piešti ir tapyti. Gamindamasis dažus ir kitus reikmenis, jaunuolis susipažino su medžiagų savybėmis ir jų apdorojimo būdais. Susidraugavo su bendraamžiu Jelgavos vaistininko pameistriu H. Bideriu (Bidder), kuris, tapęs žymiu gydytoju ir vaistininku, nuolatos rūpinosi mokslininko sveikata. Abu smalsūs jaunuoliai, prisiskaitę mokslinių knygų, su vaistinėje rastomis medžiagomis darydavo bandymus, gilinosi į elektros reiškinius.

Teodoras mokėsi namuose, kaip tuomet buvo įprasta dvarininkų šeimose. Tam buvo pasamdyti aukštos kvalifikacijos mokytojai. Aštuoniolikos metų jis gerai mo-

[1] Dėsnis vadinamas Grothuso ir Draperio dėsniu, nes JAV mokslininkas Dž. V. Draperis (J. W. Draper) pakartotinai šį dėsnį atrado 1842 m.

[2] Iki šių dienų išlikęs tik vienas mūrinis šio dvaro (Pakruojo rajonas, Lietuva) pastatas. Tyrinėjimai leidžia manyti, kad būtent čia buvo įkurta laboratorija.


MÉMOIRE

SUR LA

DÉCOMPOSITION DE L'EAU

ET DES CORPS QU'ELLE TIENT

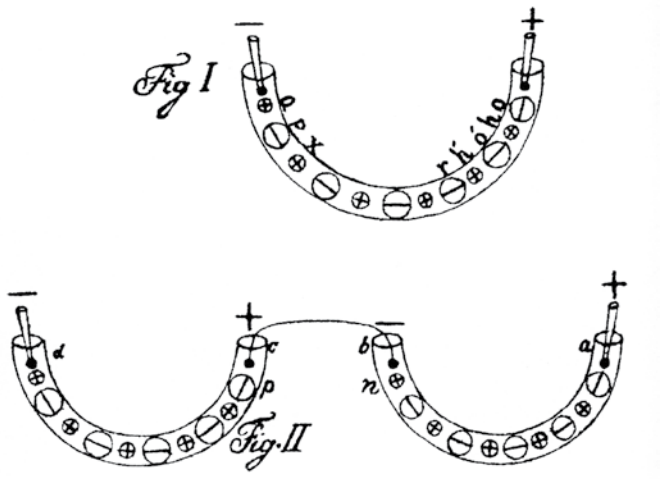
EN DISSOLUTION À L'AIDE

DE

L'ÉLECTRICITÉ GALVANIQUE

PAR C. J. T. DE GROTTHUSS.

ROME 1805



1805 m. T. Grothuso studijoje pavaizduota elektrolizės proceso modelio schema

Studijos *Apie vandens ir jame ištirpusių medžiagų skaidymą galvanine elektra* antraštinis puslapis

kėjo vokiečių, prancūzų, rusų kalbas, šiek tiek blogiau – anglų, latvių, lietuvių, lenkų, laisvai skaitė lotyniškai, buvo susipažinęs su filosofija ir gamtos mokslų pagrindais. 1803 m. pavasarį atvyko į Leipcigą ir šį kartą tapo tikru universiteto studentu. Tačiau tų pačių metų rudenį nutraukęs studijas universitete tapo pagarsėjusios Paryžiaus politechnikos mokyklos (*l'Ecole Polytechnique*) laisvuoju klausytoju. T. Grothusas lankė to meto gamtos mokslų perversmą lėmusių garsių mokslininkų K. L. Bertolė (C. L. Berthollet), A. F. Furkrua (Fourcroy), L. Ž. Tenaro (L. J. Thenard), R. Ž. Hajuji (R. J. Haüy) paskaitas, darbavosi jų laboratorijose. Paryžiuje, perėmęs prancūzų mokyklos revoliucinius darbo principus ir demokratišką elgseną, jis subrendo kaip mokslui atsidavusi kūrybinga asmenybė.

Brendo karinis konfliktas tarp Prancūzijos ir Rusijos, todėl T. Grothuso, kaip Rusijos imperijos pavaldinio, padėtis Paryžiuje tapo kebli. Galbūt dar ir dėl silpnos sveikatos bei nuovargio jaunuolis nusprendė pailsėti ir trumpam išvyko į Italiją. Neapolyje kiek atgavęs jėgas T. Grothusas vėl pasinėrė į mokslo problemas. Italijoje tik ką buvo prasidėję lemtingi gamtos mokslams įvykiai, buvo sukurtas Voltos stulpas – pirmasis nuolatinės elektros srovės šaltinis. T. Grothusas pradėjo savarankiškus eksperimentus norėdamas ištirti ir paaiškinti tik ką aptiktą elektrolizės reiškinį. Būtent tuomet jam gimė geniali idėja, netrukus išgarsinusi mokslininko vardą.

Didelės reikšmės T. Grothuso mokslinei veiklai turėjo susitikimas su gamtininku, geografu ir keliautoju A. Humboltu (Humboldt), kuris su būriu mokslininkų 1805 m. rugpjūtį atvyko į Italiją stebėti vulkaninių reiškinių. Mūsų kraštietis buvo pakviestas kartu su jais patyrinėti Vezuvijaus kraterį, lėtai rimstantį po išsiveržimo. Kopdamas į ugnikalnį jaunasis mokslininkas prisirinko retų mineralų, iš bendražygių sužinojo apie vulkanizmo ir kitus svarbius tyrimus. Baigiantis vasarai T. Grothusas išvyko į senąjį Europos kultūros centrą – Romą. Čia paveiktas antikinės kultūros didingumo, jis atsisakė savo germaniškų vardų triados ir kilmingumo ženklo „fon“ – nuo šiol jis Teodoras (graikiškas Dietricho vardo atitikmuo) Grothusas – jaunas subrendęs vyras, besilaikantis prancūzų demokratijos principų.

Ankstyvą rudenį Romoje jis pradėjo rašyti savo pirmąją studiją *Apie vandens ir jame ištirpusių medžiagų skaidymą galvanine elektra* (*Mémoire sur la décomposition de l'eau et des corps qu'elle tient en dissolution à l'aide de l'éléctricité galvanique*), kurioje išdėstė galvaninio elektros srovės šaltinio ir elektrolizės reiškinio mechanizmą. Šis brošiūros pavidalu (22 puslapiai ir dvi iliustracijos) išleistas darbas per kelis mėnesius plačiai pasklido prancūzų, anglų, vokiečių kalbomis. Mokslinė studija išgarsino autoriaus vardą mokslo pasaulyje ir buvo pripažinta pirmąja elektrolizės teorija.

Atgal į tėvų dvarą

1806 metais T. Grothusas iš Italijos grįždamas į Paryžių apsilankė Florencijoje, Milane, Turine. Kelionėje ekipažą užpuolė plėšikai. Grobdami keleivių turtą jie sunaikino medžiagų rinkinius ir nelengvai įsigytus la-

Teodoro Grothuso ąžuolas

Reginos Norkienės nuotrauka

boratorinius prietaisus. Prancūzijos sostinės mokslo garsenybės T. Grothusą sutiko jau kaip ypatingo dėmesio vertą mokslininką. Po 1807 m. Prancūzijos imperatoriaus Napoleono I susitikimo su Rusijos imperatoriumi Aleksandru I Tilžėje įtampa Europoje sparčiai augo, todėl Teodoras, dar kurį laiką padirbėjęs mokslo korifėjų laboratorijose, grįžo į tėvynę. Pakeliui užsukęs į Miuncheną susipažino su garsiu fizikos ir chemijos žurnalo leidėju A. F. Gėlenu (Gehlen), vėliau padėjusiu jam palaikyti nuolatinius ryšius su kitais mokslininkais. 1808 metais T. Grothusas visam laikui (išskyrus trumpą kelionę į Sankt Peterburgą) sugrįžo į motinos dvarą. Čia prasidėjo paskutinis jo gyvenimo tarpsnis.

Tėvų namuose nebuvo lengva įkurti net ir paprastos laboratorijos: pastatas medinis, nebuvo ventiliacijos, vandentiekio, kanalizacijos, be kurių neįsivaizduojama šių dienų laboratorija. Padedant ištikimam bičiuliui H. Bideriui, T. Grothusui pavyko iš vaistinės indų pasigaminti būtiniausius tyrimų reikmenis. Mokslininko gyvenimą praskaidrindavo nuostabi muzika, kuri liedavosi užgavus klavikordo klavišus. Šį garsaus meistro G. Zilbermano (Silbermann) instrumentą jo tėvas kadaise įsigijo Hamburge iš J. S. Bacho šeimos. Bet štai nelemtas atsitikimas: Rusijos ir Prancūzijos karo išvakarėse Gedučiuose įsikūrė caro dragūnai. Įkaušęs pulko majoras siautėdamas dvarelyje kibo prie dvarininkės. Gindamas motiną Teodoras sunkiai susižalojo ranką. Nebegalėdamas lankstyti dešinės rankos pirštų turėjo atsisakyti svarbiausių jam dalykų: dirbti laboratorijoje ir groti klavikordu. Artėjant karo veiksmams, T. Grothusas trumpam pasitraukė į Sankt Peterburgą, ten susipažino su akademiku A. N. Šėreriu (Scherer). Vėliau akademikas išleido mūsų kraštiečio straipsnių rinkinį.

Sudužusios viltys pakerta jėgas

1814 m. pavasarį Imperatoriškajame Dorpato universitete (dabar Tartu universitetas) atsirado laisva profesoriaus vieta, kuri buvo pasiūlyta Gedučių dvare dirbusiam mokslininkui. Deja, formalumų tvarkymas užsitęsė dėl kelių priežasčių: silpnos T. Grothuso sveikatos, dėl pašto tarnybos lėto darbo (ilgai truko susirašinėjimas) ir carinės valdžios, ribojančios vokiečių kilmės mokslininkų įsigalėjimą, įtakos. Artėjo ruduo ir nauji mokslo metai, todėl į tą vietą buvo priimtas kitas kandidatas.

Praradęs galimybę tapti profesoriumi, T. Grothusas įsitraukė į Jelgavos šviesuomenės veiklą, buvo Kuršo literatūros ir meno draugijos narys. Ten jis skaitydavo paskaitas apie savo tyrimus. 1818 m. pabaigoje užbaigė dar vieną reikšmingą darbą *Apie elektros ir šviesos cheminį poveikį* (*Ueber die chemische Wirksamkeit des Lichtes*). H. Bideris šį darbą perskaitė Kuršo literatūros ir meno draugijos susirinkime, nes kūrinio autorius, iškankintas ligos, sunkiai begalėjo pakilti iš patalo. T. Grothusas labai krimtosi dėl savo nesėkmių: negalėjimo dirbti, bendrauti su mokslininkais; be to, kai kurie iš jų pasinaudoję jo darbo rezultatais nutylėdavo tikrojo autoriaus vardą. T. Grothusas dar buvo sumanęs nuvykti į Stokholmą pas garsų chemiką J. J. Berselijų, su kuriuo susirašinėjo, bet jėgos jau sparčiai seko. Žmogui, kuris visas viltis siejo su mokslu ir jam paskyrė visą gyvenimą, tokia būsena darėsi nepakeliama. Ėjo 1822 m. kovo 26-oji diena. Teodoras Grothusas iš giminės ginklų rinkinio paėmė pistoletą, įrėmė jo vamzdį į smilkinį ir nuspaudė gaiduką...

Literatūra

Krikštopaitis J. A., *Pralenkęs laiką – Theodor Grotthuss*, Vilnius: Pradai, 2001.

Krikštopaitis J. A. 2006, Concerning the origins of charge transfer in the micro-structure of matter: The contribution of Theodor von Grotthuss. *Electrochimica Acta*, 51, 27, 5999–6002.

Vandens „kalašnikovas“

Marijonas Bogdevičius, Vladimiras Suslavičius

Kiekvienais metais Lietuvoje kyla apie 16 tūkstančių gaisrų. Jie smarkiai teršia aplinką, kenkia žmonių sveikatai ir kelia pavojų gyvybei. Kuo greičiau užgesinami gaisrai, tuo švaresnė aplinka ir mažesni nuostoliai.
Gaisras – tai nevaldomas degimas, kurį būtina kuo greičiau nuslopinti. Jis dažniausiai prasideda nuo nedidelių židinių, kuriuos laiku pastebėjus ir likvidavus būtų galima išvengti didelių nuostolių ir nelaimių. Tyrimai rodo, kad 2/3 žmonių žūva apsinuodiję dujomis, susidariusiomis per 5 minutes nuo gaisro pradžios. Pagal Didžiojoje Britanijoje atliktus tyrimus, sutrumpinus gaisro trukmę viena minute, 5 % galima sumažinti žuvusiųjų gaisruose skaičių. Lietuvoje santykinis žuvusiųjų gaisruose skaičius – maždaug 84 žuvusieji milijonui gyventojų – net 7 kartus didesnis negu Europos Sąjungos senosiose šalyse narėse: Didžiojoje Britanijoje ir Prancūzijoje – 11, Italijoje ir Austrijoje – 8, Vokietijoje – 7, Ispanijoje – 6, Olandijoje – 5 žuvusieji milijonui gyventojų.

Gaisras automobilių padangų sąvartyne Trakų rajone

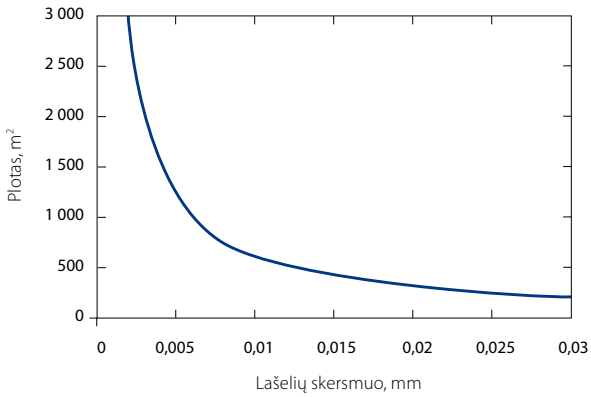
Nuotrauka iš Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento archyvo

Nuo seno gaisrai gesinami vandeniu, nes jo fizinės ir cheminės savybės tam labai tinka. Vanduo iš karšto kūno atima šilumą ir virsta garais. Vienam litrui vandens įkaitinti nuo 20 °C iki 100 °C temperatūros reikia 335 kJ energijos ir dar 2257 kJ – jam paversti garais. Šiuo metu priešgaisrinėse gelbėjimo tarnybose vandeniui tiekti dažniausiai naudojami išcentriniai gaisriniai siurbliai, gaisrinės žarnos, švirkštai purkštuvai. Ši įranga nepritaikyta nedideliems gaisro židiniams gesinti, todėl sueikvojama per daug vandens. Dalis vandens nespėja pavirsti garais, be to, dėl didelio vandens paviršiaus įtempio vanduo negali įsiskverbti į degančias medžiagas. Taigi iš gaisravietės ištekantis vanduo praktiškai negesina gaisro, t. y. eikvojamas veltui, teršia aplinką ir blogina bendrą ekologinę būklę. Pavyzdžiui, jeigu vandenį į ugnį piltume kaip iš kibiro, tai jo panaudojimo efektyvumas siektų tik 5–10 %. Efektyviomis nedidelių gaisro židinių gesinimo priemonėmis galima būtų užgesinti daugiau gaisrų sunaudojant nedaug vandens.

Kuo vandens lašeliai mažesni, tuo didesnis to paties vandens tūrio bendrasis paviršiaus plotas, ir gaisrui užgesinti jo reikia mažiau. Vanduo į mažus lašelius skaidomas naudojant specialius švirkštus purkštuvus, taip pat didinant tiekiamo vandens slėgį. Be to, gesinimo efektyvumas didinamas ir mažinant vandens paviršiaus įtempį. Vandenį, kurio paviršiaus įtempis mažas, galima suskaidyti į gerokai mažesnius lašelius, kurie daug geriau įsiskverbia į degantį paviršių.

Naudojant šiuolaikinius švirkštus purkštuvus ir išcentrinius siurblius, kai tiekiamo vandens slėgis 0,4–0,7 MPa, vandenį galima išpurkšti čiurkšle, kurios lašelių skersmuo 0,3 mm. Kad jie būtų dar smulkesni, reikia didinti slėgį, todėl gaisriniuose automobiliuose vietoj vienpakopių išcentrinių siurblių naudojami daugiapakopiai, kuriais tiekiamo vandens slėgis padidinamas nuo 1 MPa iki 4 MPa. Kartais naudojami tūriniai siurbliai (membraniniai ir stūmokliniai) – jais slėgis pakeliamas net iki 6–20 MPa.

Vandens paviršiaus įtempiui sumažinti naudojami įvairūs putokšliai ir drėkikliai. Pastaruoju metu vis plačiau naudojamos suslėgto oro ir putų gesinimo sistemos



1 pav. Išpurškiamo vandens paviršiaus ploto priklausomybė nuo lašelių skersmens, kai pradinis vandens tūris yra 1 litras

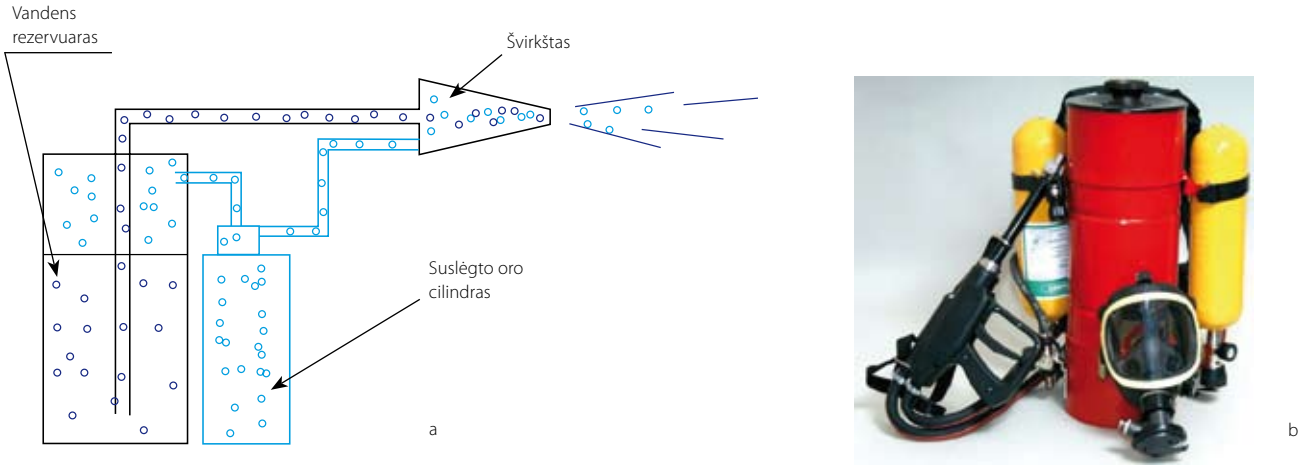
(*Compressed Air Foam System*, CAFS): labai stabilios putos gaunamos suslėgtu oru aeruojant vandens ir specialaus putokšlio mišinį. Tokio putokšlio koncentracija vandenyje labai maža – 0,1–1 % (įprasto putokšlio koncentracija 3–6 %), o vandens ir putokšlio mišinys maišomas su oru santykiu 1:7. Stabilios putos sulaiko vandenį gaisro vietoje (gesinant kompaktine ištisine čiurkšle net iki 90 % vandens išteka iš gaisro vietos, todėl ugniai slopinti jis nepanaudojamas), todėl gesinimo efektyvumas, palyginti su gesinimu paprastu vandeniu, padidėja 3–5 kartus. Tokias sistemas įrengus esamuose gaisriniuose automobiliuose nebereiktų didelių vandens cisternų ir vietoj jų būtų galima vežti kitos įrangos. Nauji automobiliai su suslėgto oro ir putų sistemomis galėtų būti daug mažesni ir manevringesni. Tačiau optimaliems sistemų parametrams nustatyti reikalingi tolesni tyrimai, nes neteisingai jas naudojant gesinimo sąnaudos gali net padidėti. Be to, suslėgto oro ir putų gesinimo sistemos įranga gana brangi (priklauso nuo galingumo) ir gali siekti net iki 15 % viso gaisrinio automobilio kainos.

Nauja gaisrų gesinimo technologija

Gaisrui gesinti vanduo tiekiamas išcentriniais ar tūriniais vandens siurbliais. Tai įrenginiai, kuriais padidinamas tiekiamo vandens slėgis. Išcentrinio siurblio kameroje siurbliaratis suka skystį. Jis, veikiamas išcentrinių jėgų, stumiamas prie siurbliaračio krašto ir per kamerą patenka į slėginį vamzdį. Tūrinio siurblio kameroje vanduo suspaudžiamas ir sukuriamas didelis slėgis, todėl vanduo teka gaisrinėmis žarnomis ir galima gesinti gaisrą.

Pro gaisrinį švirkštą ištekančio suslėgto vandens potencinė energija paverčiama čiurkšlės kinetine energija. Dažniausiai čiurkšlės lašelių greitis būna kelios dešimtys metrų per sekundę (m/s), o panaudojus suslėgto oro energiją greitį galima padidinti net iki kelių šimtų metrų per sekundę. Be to, tokio greičio čiurkšlė dėl oro pasipriešinimo skaidoma į gerokai mažesnius lašelius (net iki 2 μm skersmens) ir bendrasis vandens paviršiaus plotas daug kartų padidėja (1 pav.). Taikant šią gaisrų gesinimo technologiją sunaudojama mažai vandens ir sutrumpėja ugniagesių gelbėtojų reagavimo laikas.

Besiplečiančių suslėgtų dujų (oro) energijos įgreitintas vanduo į gaisro židinį tiekiamas daug sparčiau. Tokio tipo gesinimo priemonėmis galima tiekti vandenį ir ištisine čiurkšle, ir porcijomis (tam tikra vandens porcija išmetama plečiantis suslėgtam orui, t. y. vanduo tiekiamas impulsais). Suslėgto oro energijos įgreitintos ištisinės čiurkšlės lašelių greitis siekia iki 80 m/s, o

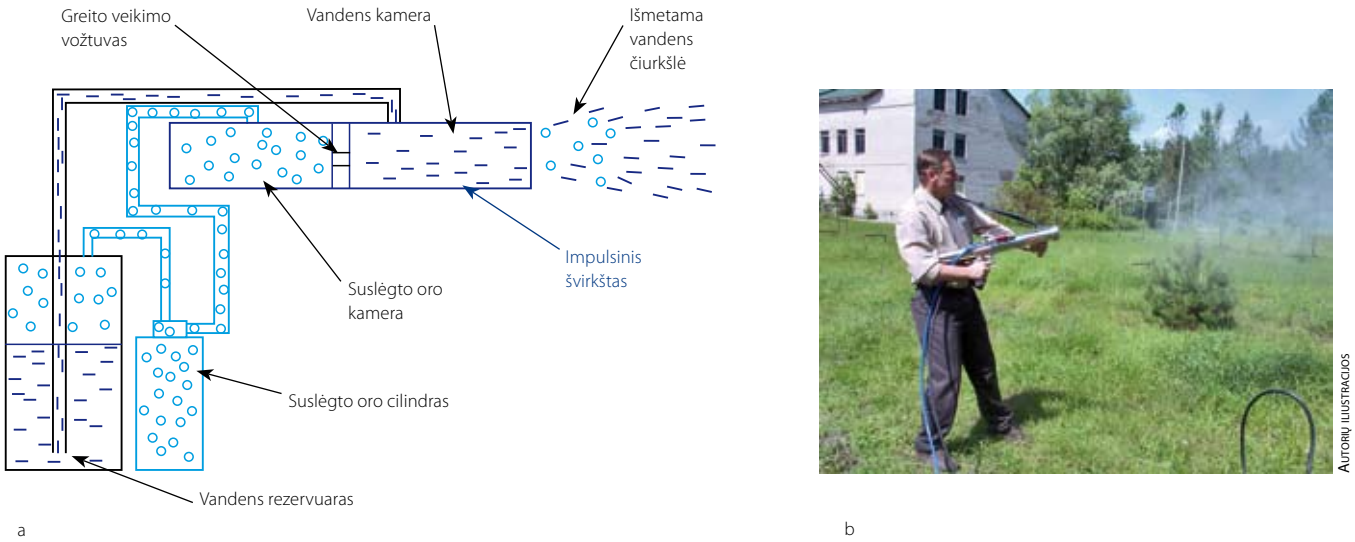


2 pav. Ištisinės vandens čiurkšlės tiekimo gesinimo įrenginys: a – principinė schema; b – gesinimo įrenginys IGLA (techniniai parametrai: vandens tūris 12 litrų, čiurkšlės ilgis 10 m, 0,4 litro vandens išpurškiama per sekundę; užpildyto įrenginio masė 19 kg)

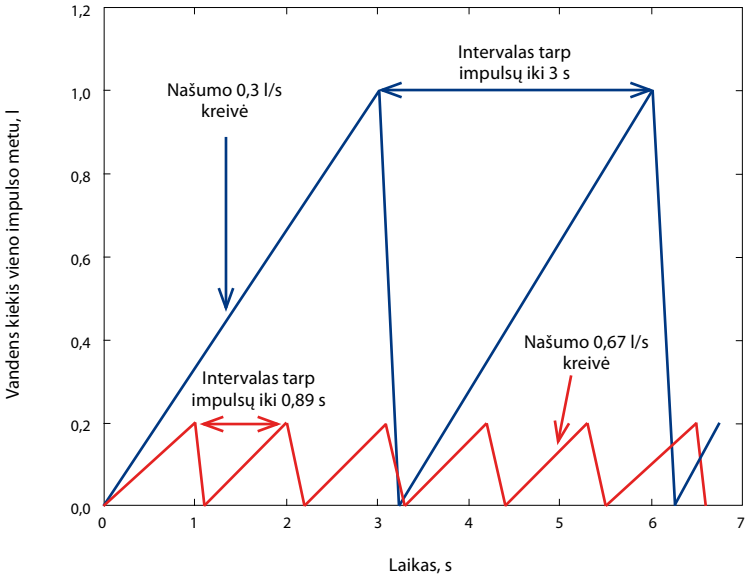
patys lašeliai būna iki 0,1 mm skersmens, todėl geriau panaudojamos gesinamosios vandens savybės. Principinė tokio įrenginio veikimo schema parodyta 2 paveiksle (a). Iš suslėgto oro cilindro dalis oro patenka į vandens rezervuarą. Slegiamas vanduo iš vandens rezervuaro tiekiamas į švirkštą, kuriame įgreitinamas besiplečiančio oro srautu ir išpurškiamas į gaisro židinį. Tokios priemonės pavyzdys pateiktas 2 paveiksle (b).

Dar smulkesniais lašeliais vanduo išpurškiamas besiplečiančio oro (dujų) energija jį išstumiant porcijomis. Principinė tokio įrenginio veikimo schema parodyta 3 paveiksle (a). Atidarius greito veikimo vožtuvą, esantį tarp suslėgto oro ir vandens kamerų, oro slėgio veikiamas vanduo per keliasdešimt milisekundžių išpurškiamas į gaisro židinį, toliau procesas kartojamas iš naujo. Iš impulsinio švirkšto išpurškiamo vandens greitis net 120 m/s (430 km/h). Dėl tokio didelio greičio ir didelio oro pasipriešinimo vandens čiurkšlė suskaidoma į labai mažus lašelius (net iki 2 μm dydžio) ir virsta greitai sklindančiu rūku su labai geromis gesinamosiomis savybėmis. Jis apgaubia viską aplinkui, o maži lašeliai greičiau negu didesni sugeria šilumą.

Tačiau toks impulsinis hidraulinis ir pneumatinis gesinimo įrenginys (IHPGĮ) turi ir trūkumų. Pirmasis jų – vieną kartą „iššovus“ (į aplinką išmetus vieną vandens porciją) kitam „šūviui“ pasirengti reikia maždaug vienos minutės, todėl gaisro gesinimo efektyvumas sumažėja. Dėl šios priežasties gaisrininkai paprastai naudoja du IHPGĮ vienu metu. Antrasis trūkumas – didelė atatrankos jėga (veikia priešinga vandens porcijos išmetimo kryptimi) atliekant gesinamąjį vandens „šūvį“. IHPGĮ veikia panašiai kaip šaunamasis ginklas. Šaunamojo ginklo besiplečiančias parako dujas atitinka gesinimo įrenginyje besiplečiantis suslėgtas oras, o kulkas – impulsinio „šūvio“ metu išmetama vandens porcija. Išmetamo vandens masė yra daug didesnė už kulkos masę, todėl su IHPGĮ dirbantis gaisrininkas gali pajusti stiprią atatrankos jėgą. Smūgio stiprumas labai



3 pav. Impulsinis hidraulinis ir pneumatinis gesinimo įrenginys (IHPGĮ): a – principinė veikimo schema; b – įrenginio veikimo demonstravimas



4 pav. Vandens tiekimo priklausomybė nuo jo porcijų išmetimo dažnio

priklauso nuo įrenginio svorio, išmetamo vandens kiekio ir išmetimo greičio. Dar vienas IHPGĮ trūkumas – didoka švirkšto masė (iki 8 kg), o suslėgto oro ir vandens indų masė gali būti net iki 35 kg. Tai apsunkina ugniagesio gelbėtojo greito manevravimo galimybes.

Kaip pašalinti šiuos gesinimo įrenginio trūkumus? Siekiant efektyviai gesinti nedidelių gaisrų židinius, viena iš svarbiausių užduočių – 3–5 m atstumu nuo įrenginio tiekti vandenį reikiamu intensyvumu. Šiuo metu naudojamais įrenginiais pavyksta sudaryti 3 m skersmens rūko debesį, nusidriekiantį 5 m atstumu nuo įrenginio, o vandens tiekimo intensyvumas yra mažesnis nei turi būti. IHPGĮ išpurškia gana smulkius lašelius, tad vandens tiekimo intensyvumą galima padidinti mažinant vandens rūko debesies skersmenį arba didinant tiekiamo vandens kiekį.

Rūko debesis sumažinamas mažinant IHPGĮ švirkšto skersmenį, o vandens tiekimo intensyvumas padidinamas trumpinant laiko intervalus tarp „šūvių“. To praktiškai neįmanoma padaryti nemažinant vandens ir suslėgto oro kamerų tūrio. Taigi, vieno „šūvio“ metu išmetant mažesnį vandens kiekį, bet dažniau, galima pasiekti daug geresnių rezultatų (4 pav.).

2007 m. Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VGTU) Transporto inžinerijos fakulteto transporto technologinių įrenginių katedroje buvo sukurtas ir patentuotas automatinis IHPGĮ[1]. Mes jį vadiname vandens kalašnikovu[2]. Jis užtaisomas automatiškai ir vandens porcija išmetama kartą per sekundę. Automatinis IHPGĮ naudoja mažai vandens, sukuria nedidelę atatrankos jėgą ir efektyviai gesina. Tačiau visi techniniai įrenginiai nuolat tobulinami, todėl ir šis gesinimo įrenginys toliau tiriamas ir gerinamos jo savybės.

[1] Bogdevičius M., Suslavičius V. Automatinis hidraulinis ir pneumatinis gesinimo švirkštas. Lietuvos Respublikos patentas Nr. 5436. Patento paskelbimo data 2007 m. liepos mėnesio 25 d.

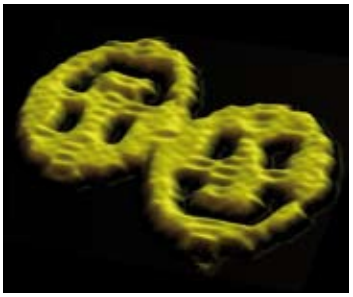
[2] Automatinis šaunamasis ginklas.

Nuotraukos iš Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento archyvo

DNR origamiai

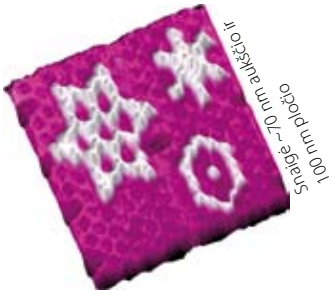
Julija Baniukevič

Vasaros rytas. Nors jau laikas nubusti, įdomus sapnas dar kurį laiką manęs nepaleidžia. Atsimerkiu ir prisimenu sapne, o gal kada ir tikrovėje, regėtus vaizdus: besišypsančius veidukus, žvaigždutes, žemėlapį, užrašą DNA, smaragdais papuoštą snaigę (1 pav.). Ką tai reiškia? Kaip šie vaizdiniai vienas su kitu susiję – gal tai nanotechnologijų vystymosi padariniai? Mokslininkai įvairius darinius jau kuria iš atskirų atomų ir molekulių – tam naudojama net ir genetinė medžiaga – deoksiribonukleorūgštis (DNR).

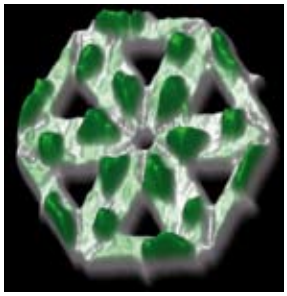


Šypsenėlės skersmuo 100 nm

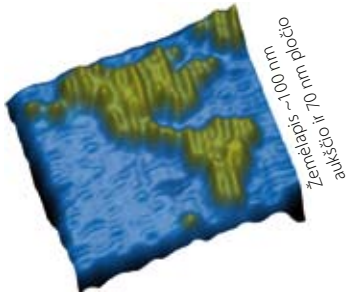
„DNA“ yra 70 nm aukščio ir 100 nm pločio



Snaigė ~70 nm aukščio ir 100 nm pločio



Snaigės skersmuo ~250 nm

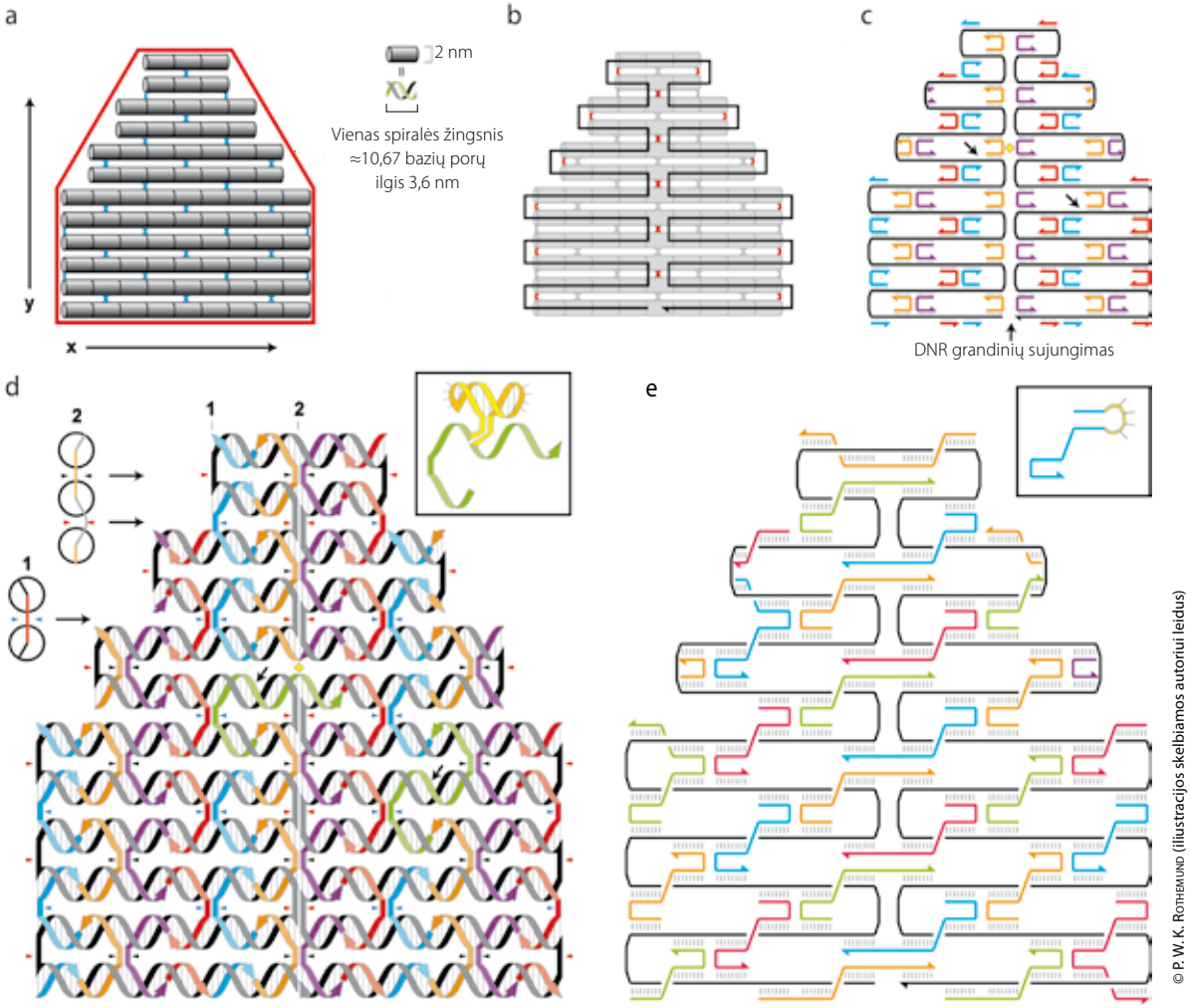


Žemėlapis ~100 nm aukščio ir 70 nm pločio

1 pav. Atominės jėgos mikroskopu gauti DNR origamių vaizdai; pirmos nuotraukos autoriai P. W. K. Rothemund ir N. Papadakis, kitų nuotraukų – P. W. K. Rothemund

DNR perduoda genetinę informaciją iš vienos kartos kitai. Gamtoje dvigrandė DNR spiralė yra maždaug dviejų nanometrų pločio ir įvairaus ilgio – priklauso nuo organizmo, kurio genetinį kodą ji saugo. DNR pranašesnė už daugelį gamtoje randamų molekulių – jos sintezė paprasta, todėl galima nuspėti, kaip DNR grandinės susisuks į spiralę, vadinasi – ir sukurti sapne regėtus darinius. Taigi nieko nelaukusi sėdau prie kompiuterio.

Iš pradžių nupiešiau būsimo DNR origamio (iki 100 nm dydžio) kontūrus (2 pav., a). Po to suskaičiavau, kokio ilgio DNR grandinės reikia sugalvotam paveikslui (2 pav., b) sukurti. Origamių dalims sutvirtinti reikia „sąvaržėlių“ – trumpų nukleotidinių sekų. Taigi naudodama specialią kompiuterinę programą nustačiau, kokio ilgio nukleotidines sekas reikės susintetinti ir kuriose vietose jos turės jungtis (2 pav., c). Kad „sąvaržėlės“ nedeformuotų norimos DNR struktūros, DNR grandinėje reikia labai kruopščiai parinkti jungimosi vietas. Sudarius atitinkamą struktūrą (2 pav., d) dalis trumpų nukleotidinių sekų pakeičiamos ilgesnėmis



2 pav. DNR origamio kūrimas: a – pasirenkama atitinkama dvimatė struktūra, b – skaičiuojama, kokio ilgio DNR reikalinga, c – parenkamos trumpos nukleotidinės sekos, sutvirtinančios struktūrą, d – DNR origamio dvimatės struktūros bendras vaizdas, e – kai kurių trumpų nukleotidinių sekų pakeitimas ilgesnėmis

(2 pav., e). Tokia DNR origamio struktūra yra stabilesnė. Štai čia teorija ir baigėsi. Liko viską išbandyti praktiškai. Reikiamo ilgio DNR ir trumpų nukleotidinių sekų tirpalą pašildžiau iki 95 °C, o tada per dvi valandas atvėsinau iki 20 °C temperatūros. Eksperimento rezultatą stebėjau atominės jėgos mikroskopu. „Oho!!!“ – sušukau. Kelis kartus patryniau akis, pažiūrėjau dar kartą ir negalėjau patikėti, kad man pavyko – pamačiau susapnuotą besišypsantį veidą.

Kur galima panaudoti DNR origamius? Jie gali būti taikomi, pavyzdžiui, energetikoje siekiant efektyviau panaudoti Saulės energiją, biomedicinoje DNR „dėžutėms“ gaminti, kuriomis vaistai būtų pernešami į sergančias ląsteles. Jau dabar mokslininkai svajoja apie sintetines ribosomas, kurios pagal užsakymą gamintų atitinkamus baltymus ir fermentus, apie matricas, palaikančias dirbtinių organų veiklą. Tai kol kas dar tik svajonės, bet neilgai trukus ir jos bus įgyvendintos.

Pirmasis DNR origamius 2006 m. sukūrė JAV mokslininkas P. V. K. Rotmundas (P. W K. Rothemund) [1-3].

Literatūra

1. Rothemund P. W. K. 2006, Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns. *Nature*, 440, 297–302, www.dna.caltech.edu/Papers/DNA origami-nature.pdf

2. www.ted.com/index.php/talks/paul_rothemund_details_dna_folding.html

3. Sanderson K. 2010, What to make with DNA origami. *Nature*, 464, 158–159, www.nature.com/news/2010/100310/full/464158a.html

Kertelėje – prielinksniai

Girdėjote apie sugebėjimus ką nors suskaičiuoti **ant** pirštų? Negali būti – **ant** pirštų dažnai blizga žiedai, – o **skaičiuojame pirštais**... Tikrai! O juk žinojote... Tiesa dažniausiai sukasi **ant** liežuvio galo, bet kartais vis tiek įkliūvame į panašią gramatinę kilpą. Todėl dar kartą kviečiame į kalbos kertelę.
Čia jau iškedenome ir aptarėme veiksmažodžio, daiktavardžio kai kurias vartosenos klaidas. Šįkart atidžiau įsižiūrėkime į prielinksnį[1]: su linksniais norinti draugauti nekaitoma nesavarankiška kalbos dalis rodo linksniuojamųjų žodžių santykius su kitais žodžiais. Dalį jų kertelėje rasime be vargo, tai – **ant**, **į**, **pas**, **prie**, **virš**.

Tinka

Bendroji prielinksnio **ant** reikšmė – buvimas viršuj susiliečiant su kieno paviršiumi: „**Ant** stalo guli chemijos laboratorinių darbų užrašai, o juose juodu **ant** balto parašyta, kad įkaitintos kolbos **ant** stalo dėti negalima.“
Bet **ant** labai dažnai vartojamas klaidingai. Nenorminių jo reikšmių yra daugiau negu norminių[2].

Netinka

- Daikto matmenims ar dydžių santykiui nusakyti. Pavyzdžiui, pasakymas „patalpos matmenys **2 ant 3** metrų (2 × 3 m)“ netaisyklingas. Turėtume sakyti taip: „Patalpos matmenys **du iš trijų** metrų (arba **du ir trys** metrai)“. Žemėlapio mastelis ne **1 ant 1000**, o **1 ir 1000**, **1 su 1000**. Tirpalui pagaminti imame 20 g druskos ne **ant pusės** stiklinės, o **pusei** stiklinės vandens, dedame **į pusę** stiklinės vandens.
- Laikui reikšti. Susitikti **ant rytojaus** neįmanoma, todėl pasimatymus skirkime **rytoj**, **rytojaus dieną**. Pasitarsime ir **ant galo** dėl tikslios datos nuspręsime. Kad omenyje turime ne liepto galą, bus aišku, jei sakysime, kad **galų gale**, **pagaliau**, **galiausiai** nuspręsime, kada susitikti.
- Atminkime, kad **keisti**, **mainyti ką nors ant ko nors** negerai, – nebent mainai vyktų kur nors **ant stogo**. Ką nors **keičiame kuo nors**, arba **mainome**, **keičiame į ką**: meškerę **mainome į** drugelių gaudyklę, senus vandens kietumo matuoklius **keičiame į** geresnius, arba geresniais, ir pan.
- Neteiktini yra vertiniai **ant kiek**, **ant tiek**: „Pažiūrėkime, **ant kiek** paaugo pelėsis“. Liūdna, bet pelėsio esama ir sakinyje – tai tas prikibęs **ant**. Todėl panaikinkime jį: „Pažiūrėkime, **kiek** paaugo pelėsis“. Po gydymo regėjimas **ant tiek pagerėjo**, kad galiu skaityti be akinių“, o panaikinus nereikalingąjį **ant** – „Po gydymo regėjimas **tiek** (**taip**) **pagerėjo**, kad galiu skaityti be akinių“.

Klaidingas pasirinkimas

Dažnai klaidų pasitaiko vartojant ne tuos prielinksnius, kurių iš tikrųjų reikia. O kartais prielinksnis išvis nereikalingas.

- **Į** nevartotinas veiksmo objektui reikšti junginiuose „**daryti poveikį** / **įtaką į ką**“, „**įsimylėti į ką**“. Poveikis, įtaka daroma **kam nors**, arba **kas nors** yra veikiamas, patiria kokią nors įtaką, o įsimylėti galima **ką nors**. Sakinį „Branduolinės elektrinės avarija **padarė didžiulę įtaką į aplinką**“ reikia pakeisti taip: „Branduolinės elektrinės avarija **padarė didžiulę įtaką aplinkai**“.
- **Pas** su veiksmažodžiais „(atsi)prašyti, kreiptis, gauti, imti, skolintis“ netinka veiksmo adresatui, šaltiniui, nesusijusiam su vieta, reikšti. Prireikus kreipiamės ne **pas draugą**, bet kreipiamės **į draugą**. Ne **pas jį**, o **iš jo** gauname patarimų, konspektų, knygų. Netinka nuosavybei, priklausymui, turėjimui žymėti. Štai kodėl, užuot pašnekovo klausus „Kiek **pas tave** dešimtukų?“, galima pasiteirauti: „**Kiek turi**, **kiek surinkai** dešimtukų?“ Jei **pas jį darbe** vienos klaidos, iš lietuvių kalbos dešimtukų nebus. Bus tik tada, kai **jo darbe** klaidų nebeliks.
- **Prie** nevartotinas veiksmo sąlygoms reikšti junginiais: **prie** (**kokių**) **norų** / **progos**, **prie sąlygų**, **temperatūros**. Ir **prie geriausių norų**, o kalbant taisyklingai – **ir geriausių norų turėdamas**, **kad ir labai norėdamas** nedaug pasieksi, jei nedirbsi. Jei išgirsite, kad **prie tam tikrų sąlygų** daromi eksperimentai, netikėkite: jie atliekami **tam tikromis sąlygomis**, **kai tokios ar kitokios sąlygos**, **esant tam tikroms sąlygoms**. Medžiaga lydosi ne **prie aukštos temperatūros**, o **aukštoje temperatūroje**, **kai aukšta temperatūra**, **esant aukštai temperatūrai**.
- **Prie** taip pat netinka keitimo santykiui reikšti. Pinigai keičiami ne santykiu **vienas prie šimto**, o **vienas už šimtą**, **vienas su šimtu**, **šimtas į vieną**.
- Prielinksnis **virš** su kilmininku netinka konkretaus kiekio viršijimui reikšti. Todėl sakome, kad į konkursą susirinko ne **virš 100 mokinių**, bet **daugiau kaip** / **negu**, **per 100 mokinių**, o sakinį „**Virš pusės duomenų** yra neteisingi“ taisome šitaip: „**Daugiau kaip pusė duomenų** neteisingi“.

Kai prielinksnio trūksta

Štai vienišas, be prielinksnio, žodis „viso“ tinka sakant „viso gero, viso labo“, bet tik ne reikšme „**iš viso**“, t. y. galutiniam skaičiui, kiekiui nusakyti. Todėl sakinys „**Viso** *Eruditų turnyre* rungtyniavo 17 komandų“ turi skambėti taip: „**Iš viso** *Eruditų turnyre* rungtyniavo 17 komandų“.

---

1 *Kalbos patarimai. Sintaksė: prielinksnių ir polinksnių vartojmas (S 2)*, Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 2003.

2 Jonas Šukys, *Lietuvių kalbos linksniai ir prielinksniai: vartosena ir normos*, Kaunas: Šviesa, 1998.

Europos strateginis mokslinių tyrimų infrastruktūrų forumas

Sukurti mokslinių tyrimų centrus, kuriuose būtų galima atlikti pačius sudėtingiausius tyrimus, daug lengviau, kai kelios šalys bendradarbiauja. Tam yra įsteigtas Europos strateginis mokslinių tyrimų infrastruktūrų forumas (*European Strategy Forum on Research Infrastructures*, ESFRI), kurio tikslas – įgyvendinti bendrą mokslo integracijos Europoje strategiją: į sistemą sujungti bei mokslo problemoms spręsti panaudoti jau esamus mokslinių tyrimų centrus ir sukurti naujus. Dėl galimybės dirbti šiuose mokslo centruose ir atlikti mokslinius darbus gali konkuruoti viso pasaulio tyrėjai.

Plačiau apie forumą:
http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=esfri

FIZINIAI IR TECHNOLOGIJOS MOKSLAI

PRACE – Partnership for Advanced Computing in Europe ***www.prace-project.eu***
E-ELT – European Extremely Large Telescope ***www.eso.org/sci/facilities/eelt***
KM3NeT – Very Large Volume Neutrino Telescope ***www.km3net.org***
SKA – Square Kilometre Array ***www.skatelescope.org***
CTA – Cherenkov Telescope Array ***www.cta-observatory.org***
EMFL – European Magnetic Field Laboratory ***www.emfl.eu***
ELI – Extreme Light Infrastructure ***www.extreme-light-infrastructure.eu***
EuroFEL – Free Electron Lasers of Europe ***www.iruvx.eu/e20***
European XFEL – European X-Ray Free-Electron Laser Facility ***www.xfel.eu***
HiPER – High Power Laser Energy Research Facility ***www.hiper-laser.org***
SLHC-PP – Large Hadron Collider ***http://info-slhc-pp.web.cern.ch/info-SLHC-PP***
ILC – International Linear Collider ***www.linearcollider.org***
ESRF – European Synchrotron Radiation Facility ***www.esrf.eu/AboutUs/Upgrade***
ESS – European Spallation Source ***http://ess-scandinavia.eu***
FAIR – Facility for Antiproton and Ion Research ***www.gsi.de/portrait/fair_e.html***
SPIRAL2 – Second Generation System On-Line Production of Radioactive Ions ***www.ganil-spiral2.eu***

BIOMEDICINOS, GAMTOS IR ŽEMĖS MOKSLAI

BBMRI – Biobanking and Biomolecular Resources Research Infrastructure ***www.bbmri.eu***
ELIXIR – European Life Sciences Infrastructure for Biological Information ***www.elixir-europe.org/page.php***
INSTRUCT – Integrated Structural Biology Infrastructure for Europe ***www.instruct-fp7.eu***
EATRIS – European Advanced Translational Research Infrastructure in Medicine ***www.eatris.eu/Home.aspx***
INFRAFRONTIER – European infrastructure for phenotyping and archiving of model mammalian genomes ***www.infrafrontier.eu/index.php***
ECRIN – European Clinical Research Infrastructures Network ***www.ecrin.org***
EURO-BIOIMAGING – European Biomedical Imaging Infrastructure ***www.eurobioimaging.eu***
EU-OPENSCREEN – European Infrastructure of Open Screening Platforms for Chemical Biology ***www.eu-openscreen.de***
EMBRC – European Marine Biological Resource Centre ***www.embrc.eu***
LIFEWATCH – E-science and technology infrastructure for biodiversity data and observatories ***www.lifewatch.eu***
IAGOS – In-service Aircraft for Global Observing System ***www.iagos.org***
EMSO – European Multidisciplinary Seafloor Observatory ***www.emso-eu.org/management***
Euro-ARGO – Global ocean observing infrastructure ***www.euro-argo.eu***
EISCAT_3D – Three-dimensional imaging radar (**EISCAT** – European Incoherent Scatter) ***www.eiscat3d.se***
SIOS – Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System ***www.unis.no/20_RESEARCH/2080_SIAEOS/default.htm***
EPOS – European Plate Observing System ***www.epos-eu.org***
ICOS – Integrated Carbon Observation System ***www.icos-infrastructure.eu***
ECCSEL – European Carbon Dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure ***www.eccsel.org***

Sidabriškieji debesys susidaro Žemės atmosferoje 80–90 km aukštyje (mezopauzėje), kur žemiausia atmosferos temperatūra. Juos sudaro mažyčiai, iki 100 nm skersmens ledo kristaliukai. Sidabriškieji debesys matomi giedrame danguje žiūrint šiaurės kryptimi, praėjus maždaug valandai po saulėlydžio ir iki ryto – likus valandai iki saulėtekio. Lietuvoje juos galima pamatyti nuo gegužės vidurio iki rugpjūčio vidurio. Fotografuota Vilniuje. Nuotraukų autorius *Aurimas Dirsė*.

JAUNASIS TYRĖJAS

Mokslas • Ekonomika • Sanglauda
Europos Sąjunga
Europos socialinis fondas
Kuriame Lietuvos ateitį

Švietimo ir mokslo ministerija

Lietuvos mokinių informavimo ir techninės kūrybos centras

Lietuvos jaunųjų gamtininkų centras