

## **LU Atomfizikas un spektroskopijas institūtā izstrādātas jaunas optiskas metodes**

LU Atomfizikas un spektroskopijas institūta Biofotonikas laboratorijā, LZA akadēmiķa, profesora Jāņa Spīguļa vadībā izstrādātas divas jaunas optiskas metodes – multispektrālās attēlošanas metode ar rekordaugstu spektrālo selektivitāti un metode fotonu izplatības ceļa noteikšanai difūzajā refleksijā. Abi zinātniskie darbi tika pieteikti LZA rīkotajā konkursā Nozīmīgākie sasniegumi zinātnē 2020. gadā. **Izstrādātā multispektrālās attēlošanas metode ir viena no LZA ekspertu nosauktajiem labākajiem zinātniskajiem darbiem, kam tika piešķirts gada labākā sasnieguma zinātnē nosaukums, savukārt par augstas kvalitātes pētījumu fotonu izplatības ceļa noteikšanai tika piešķirts LZA prezidenta Atzinības raksts.** Sarunai par jaunajām metodēm, medicīnisko ierīču attīstības ceļu laikrakstam “Zinātnes vēstnesis” Ilona Gehtmane–Hofmane aicināja LU Atomfizikas un spektroskopijas institūta Biofotonikas laboratorijas vadītāju, LZA akadēmiķi, profesoru **Jāni Spīguli**, pētniekus **Ilzi Ošiņu**, **Vanesu Lukinsoni** un **Uldi Rubīnu**.

### **Kas ir jūsu pieteikto projektu pētījuma objekts?**

Jānis Spīgulis (J. S.): Mēs esam fiziķi–eksperimentatori, kas cenšas kaut ko izmērīt un uz mērījumu rezultātu pamata attīstīt jaunas tehnoloģijas, bet tikai atšķirība ir tā, ka mūsu pētījuma objekts ir dzīvs. Mēs mēģinām izmērīt dažādus cilvēka ādas optiskos parametrus ar mērķi radīt zināšanas, kuras varētu tikt izmantotas medicīnā ādas problēmu diagnostikā un izmaiņu monitoringā. No vienas puses strādājam pie zināšanu radīšanas pielietošanai medicīnā, no otras puses – esam fiziķi un veicam fizikālos mērījumus. Fizikālos mērījumos vienmēr ir svarīgi, cik precīzi mēs tos veicam, proti – kāda ir mērāmo parametru izšķirtspēja. Šajā gadījumā tiek runāts par diviem parametriem – gaismas viļņu garuma izšķirtspēju spektrālajā attēlošanā un laika izšķirtspēju gaismas izplatības mērījumos. Abu mūsu laboratorijā īstenoto projektu mērķis ir šo izšķirtspēju uzlabošana precīzākai ādas problēmu diagnostikai.

### **Vai runa iet par izšķirtspējas uzlabošanu, panākot ko vairāk par esošajām spektroskopijas iespējām?**

**J. S.:** Pēc specialitātes esam fiziķi–optiķi, optika un spektroskopija ir mūsu pamatkompetence. Spektroskopija agrāk nozīmēja vienkārši emisijas vai absorbcijas spektru mērīšanu, t.i., kā izmainās izstarotās vai vielai cauri izgājušās gaismas intensitāte atkarībā no viļņu garuma. Iegūstot spektru līknes, no tām varam izsecināt daudz ko par pētāmo objektu. Pēdējā laikā spektroskopija kļūst trīsdimensionāla, parādās vēl divas dimensijas papildus viļņa garumam – attēla dimensijas X un Y. Attīstās tāda nozare, ko sauc par spektrālo attēlošanu. Problēma pašlaik ir tāda, ka, ja mēs attēla X un Y koordinātes varam diezgan precīzi noteikt, tad trešā – viļņa garuma koordināte – pagaidām netiek pietiekoši labi izšķirta. Vairumā gadījumu tipiskā spektrālā izšķirtspēja ir starp 10 un 30 nanometriem. Respektīvi, jātiecas konkrēto attēlu iespīest iespējami šaurākā spektra joslā.

### **Ko ir iespējams panākt ar šīm metodēm?**

**J. S.:** Tas, ko mēs piedāvājam, ir diezgan radikāli šo spektrālo izšķirtspēju uzlabot, izmantojot jaunu pieeju. Ja līdz šim spektrālo attēlu iegūšanai izmantoja, piemēram, gaismas diožu apgaismojumu, kurām spektrālās joslas pusplatums ir apmēram 10–30 nanometri, tad mēs piedāvājam citu variantu – apgaismošanai izmantot šauras lāzeru spektrālīnijas. Lāzerus parasti izmanto citiem pielietojumiem, mēs piedāvājam tos izmantot apgaismošanai. Tātad, atbildot uz jūsu jautājumu, ar mūsu piedāvāto metodi var būtiski uzlabot spektrālo izšķirtspēju spektrālajos attēlos.

Kas attiecas uz otru metodi – ādas novērtējumam izmanto gaismu, kas atstarojas ne tikai no ādas virskārtas, bet arī tiek difūzi izkliedēta no tās dziļākiem slāņiem. Tam, kas notiek ādas dziļākajos slāņos, ir grūti izsekot – nav īsti zināms, kādus ceļus veic fotoni ādā pirms atgriešanās gaisā. Tie daudzkārt izkliedējas ādā dažādos virzienos un pēc tam atgriežas atpakaļ. Kādu kopēju ceļu viņi ir veikuši šajā izkļiedes procesā – tas tika līdz šim pamatā modelēts. Mums izdevās eksperimentāli izmērīt fotonu veiktos ceļus ādā diezgan plašā spektra diapazonā, izmantojot nedaudz modificētu

lāzeru lokācijas pieeju – tika mērīts laiks, kurā izplatās ļoti īsi pikosekunžu diapazona lāzera impulsi (pikosekunde – sekundes miljona miljonā daļa).

Abās metodēs izmantojām lāzerus, tikai atšķirīgos darba režīmos. Vienā gadījumā tiek izmantoti ļoti īsi lāzera impulsi. Tā mērķis – iegūt informāciju par to, kāds ir gaismas izplatīšanās ceļš ādā. Otrajā gadījumā mēs izmantojām lāzerus, kas darbojas nepārtrauktā režīmā, ar mērķi vienmērīgi apgaismot noteiktu ādas apgabalu ļoti šaurā spektra joslā. To citi agrāk nav darījuši, un mums bija jāpārvar diezgan daudz izaicinājumu, lai panāktu, ka ar lāzera staru, kas ir ļoti šaurs un ļoti virzīts, vienmērīgi izgaismotu vairāku kvadrācentimetru lielu virsmu. Šo metodi mēs sākām attīstīt pirms 8–9 gadiem, pirmais patents mums bija 2012. gadā. Otru metodi iesākām attīstīt pirms 4–5 gadiem ar pirmo rezultātu publikāciju 2016. gadā.

### **Fiksējot ādas attēlu lāzeru gaismā, kas tiek iegūts un kāds tam ir pielietojums?**

**J. S.:** Spektrālās attēlošanas metodei ir plašas perspektīvas ādas diagnostikā. Mēs attēlojam ādu ne tā, kā to redzam ar acīm. Mēs attīstām metodiku, kur šis ādas attēls tiek iegūts ļoti, ļoti šaurās spektra joslās, kuru platums ir nevis 300 nanometri, kas ir redzamās gaismas spektra diapazons, bet nanometra desmitā vai pat simtā daļa. Tātad simtiem reižu šaurākā spektra daļā, nekā mēs ar aci redzam. Ideja ir tāda, ka šādus spektrālos attēlus varam iegūt pie dažādiem viļņu garumiem – piemēram, ļoti “šauru” spektrālo attēlu zilajā spektra daļā, otru ļoti “šauru” spektrālo attēlu zaļajā spektra daļā un vēl vienu sarkanajā spektra daļā. Vairāku spektrālo attēlu komplekts pēc apstrādes sniedz informāciju par to, kāds ir objekta sastāvs, kas tur ir iekšā. Vielās ir dažādas krāsvielas jeb pigmenti, un katram pigmentam ir savas īpatnības, cik daudz gaismas tas pie konkrētā viļņu garuma atstaro un ko tas neatstaro.

Mums ādā ir dažādi pigmenti, un ādas krāsu nosaka šo pigmentu kombinācija. Pigmentiem ir specifiski nosaukumi – vienu sauc par melanīnu, otru sauc par oksihemoglobīnu, utt. Ja mums uz ādas parādās kāds jaunveidojums, nav izslēgts, ka tas var būt ļaundabīgs audzējs. Vajadzētu noskaidrot, kas tajā veidojumā ir iekšā, kāds tur ir sastāvs, jo tas ir atšķirīgs no veselās ādas. Lai to noskaidrotu, mēs uzņemam vairākus spektrālos attēlus un izmantojam zināšanas, ka katram no ādas pigmentam ir savs specifisks absorbcijas spektrs. No šāda spektrālo attēlu komplekta varam nākošajā solī izrēķināt, kā, piemēram, izvietots jeb sadalīts melanīns šajā veidojumā, kā sadalās asins hemoglobīns (oksihemoglobīns un deoksihemoglobīns). Principā jāiet tālāk arī uz citiem pigmentiem, kas mums ir ādā – bilirubīns, karotīns, ūdens, u.c. Ja mēs mākam šauros spektra apgabalos precīzi uzņemt spektrālo attēlu kopu jeb komplektu, tad no šī komplekta varam tālāk iegūt noderīgu klīnisku informāciju.

### **Vai pasaulē jau ir kas līdzīgs ticis piedāvāts? Kā notiek klīniskie mērījumi?**

**J. S.:** Protams, nekas jau nav pilnīgi unikāls. Ar šīm problēmām pasaulē nodarbojas daudzas grupas, bet katrai ir kāda sava pieeja. Tajā metodikā, ko pašlaik attīstām, mēs pagaidām esam līderi, bet arī paši esam tikai ceļa sākumā. Esam izveidojuši pirmās mērierīces, ar kurām šo metodi var izmantot, ir veikti pirmie klīniskie mērījumi. Ilze Ošiņa ar to ir daudz nodarbojusies. Prototipi, kuros metode tiek izmantota, ir kopskaitā pieci, bet pēdējā laikā esam vairāk strādājuši ar diviem. Tie tikuši izmantoti klīniskajos pētījumos uz pacientiem ar ādas problēmām. Ilze ar šiem aparātiem uzņem spektrālo līniju attēlu kompleksus, un pēc tam notiek to apstrāde. Mēģinām saprast, kas ir iekšā šajos ādas veidojumos.

**I. Ošiņa (I. O):** Kā tieši notiek šie klīniskie mērījumi? Ierodas pacients, ārsts šo pacientu apskata, nosaka diagnozi, un mēs, izmantojot pašu veidotās ierīces, uzņemam spektrālos attēlus. Tālāk jau atsevišķi veicam šo attēlu apstrādi un cenšamies noteikt, kādas tieši hromoforas jeb ādas pigmenti ir katrā no veidojumiem, un veicam to analīzi.

### **Kādas diagnostikas metodes tiek izmantotas šobrīd?**

**I. O.:** Dermatoskops ir viens no galvenajiem instrumentiem, ko izmanto ārsti. Tā ir tāda maza ierīce ar savu apgaismojumu. Varētu teikt, kā palielināmais stikls. Pārsvarā visi ārsti, kas strādā pie veidojumu diagnostikas, ir apskatījuši ļoti daudz veidojumus savā dzīvē un balstās uz savu pieredzi

par to, vai šis konkrētais veidojums, izmantojot dermatoskopu, izskatās pēc vienas vai otras ādas patoloģijas. Tādā veidā nosaka un klasificē šos veidojumus.

**J. S:** Es papildināšu Ilzes pieminēto – dermatoskops ir ierīce, kurā izmanto cilvēka aci. Tāpat cilvēka acs ir galvenais instruments. Tas, ko mēs cenšamies attīstīt, ir izslēgt subjektīvo momentu, jo dažādi cilvēki varētu vienu un to pašu objektu uztvert savādāk un arī interpretēt savādāk. Tas var novest pie kļūdainām diagnozēm. Ja to dara aparāts, tad tas jau ir objektīvāk. Tur kļūdu iespējamība ir daudz mazāka. Ar cilvēka aci nekad nevar iegūt šos spektrālos attēlus, kurus es pieminēju, jeb attēlus kādās šaurās spektra joslās. Cilvēka acs ir tā uzbūvēta, ka mēs redzam visu spektru no violeta līdz tumši sarkanam, un mēs ar aci nevaram izdalīt, kas notiek šaurā josliņā zaļā spektra daļā pie, teiksim, 532 nanometriem, bet aparāti to spēj izdarīt. Tur ir tā atšķirība.

### **Kāds ir medicīnisko ierīču attīstības ceļš, kurā brīdī jauna ierīce nonāk medicīniskajā praksē?**

**J. S:** Medicīnas ierīču attīstības ceļš ir ļoti garš. Neviena medicīnas aparāts netiek ieviests mēneša vai dažu mēnešu laikā tā vienkāršā iemesla dēļ, ka medicīnā viss balstās uz statistiku. Lai kāds arī nebūtu jaunais aparāts, tas ir jāpārbauda uz ļoti lielu pacientu skaitu, un skaitam ir jābūt tūkstošos. Tikai tad, ja statistikas dati pierāda, ka ierīce dod labus rezultātus, to var sertificēt un uzsākt izmantot praksē. Pašlaik mēs atrodamies fāzē, kurā esam izveidojuši iekārtas prototipu, kurš ir pārbaudīts uz dažiem simtiem pacientu. Tas pagaidām ir par maz. Galvenā problēma ir statistikas vākšana. Covid-19 laikā ir ierobežota piekļuve pacientiem, pēdējos mērījumus mums izdevies veikt oktobrī. Šobrīd nākas gaidīt, kad situācija normalizēsies, lai varētu to turpināt.

Mēs radām ierīces ar domu, ka lietotājs būs “ne tehnoloģiju” cilvēks. Ierīces vadība tiek veidota maksimāli vienkārša, piemēram, ar vienu, divām vai trim pogām. Ierīcei nāk līdzī arī lietotāja pamācība jeb instrukcija, tas pats attiecas arī uz ierīču prototipiem. Taču galvenā problēma ir tā, ka klīniskajā medicīnā drīkst izmantot tikai sertificētas ierīces. Lai iegūtu ES sertifikātu, tas ir ļoti garš un “sāpīgs” ceļš. Šobrīd mēs esam izpētes fāzē, mēs pārbaudām to, vai ideja strādā vai nestrādā, vai tas princips ir pareizs vai nav pareizs. Ja mēs esam pārliecinājušies, ka tas ir pareizs, tad tas ir tikai pusceļš. Tālāk mēs varam nodot savus prototipus un savas zināšanas inženieriem un tehnologiem, kas jau veic tehniskos pilnveidojumus, bet galvenais ir veikt ļoti daudz klīnisko mērījumu.

Tipiskais ceļš zinātnē no idejas līdz reālai ieviešanai – ilgst apmēram 15 gadus. Ar to diemžēl ir jārēķinās. Žurnālisti vienmēr jautā: “Kad tad būs nopērkams?”, bet mēs diemžēl esam spiesti apbēdināt, ka tas, ko mēs radām, vēl kādu laiku nebūs nopērkams.

### **Kā notiek prototipa izgatavošana?**

**J. S.:** Eksperimentālajā fizikā bez pašdarbības, ar rokām kaut ko veidojot, neko nevar izdarīt. Tas ir pilnīgi skaidrs. Protams, ka visu, ko varam, mēs nopērkam, bet neviena oriģināliekārtā nav tāda, ko var nopirkt veikalā. Mēs paši liekam kopā dažādas komponentes. Vanesa šajā ziņā ļoti daudz ir ieguldījusi.

**V. Lukinsone (V. L.):** Es pārsvarā nodarbojos ar fotonu ceļa garumu noteikšanu. Sākumposmā vēl nekas netiek izveidots. Viss sākas ar ideju, tad priekšizpēti, lai saprastu, vai ir vērts turpināt metodes attīstīšanu. Mums ir vesela komanda – mani kolēģi, kuri var daudzas lietas paši uzmeistarot ar savām rokām (metinot, skrūvējot, 3D–printējot) t.i., sākot no idejas attīstīšanas uz papīra līdz tam, ko varam jau pataustīt. Mēs saprotam, kādas detaļas mums nepieciešamas, pasūtām tās, bet ļoti daudz ko izgatavojam paši un saliekam kopā. Piemēram, runājot par zondi, ar kuru es veicu mērījumus fotonu ceļa garumiem. No sākuma mēs paņēmām optiskās šķiedras un vienkārši pamēģinājām. Sapratām, ka ir vērts. Protams, visa iekārta sastāv ne tikai no zondes. Zonde ir tas, ko mēs pieliekam jau pie ādas, lai mērītu.

**U. Rubīns:** Pirmajam projektam es izveidoju tādu kā priekšprototipu, kas bija bāzēts uz matu fēnu. Es izjaucu matu fēnu un tajā saskrūvēju iekšā fotokameras un dažādus optiskos elementus, un panācu, lai tas viss strādātu. Pēc tam mēs to visu pārnesām uz tādu pieklājīgāku prototipu. Otrā

projektā es galvenokārt strādāju pie programmatūras attīstīšanas, jo tur tiek mērītas un analizētas ļoti īsu impulsu formas.

**J. S:** Uldis izstrādāja programmu, kā, salīdzinot ieejas un izejas impulsu formas, mēs varam iegūt informāciju par fotonu ceļojumiem zem ādas. Tur apakšā ir diezgan sarežģīta matemātika. To Uldis ir izdarījis, un liels paldies viņam par to!

Runājot par prototipiem – tos esam izprojektējuši un samontējuši paši. Ļoti daudz kas ir laboratorijā printēts un montēts kopā. Ar to palīdzību mēs mēģinām saprast, kā pigmenti, kas ir ādā, ir sadalīti veselā ādā un kā tie ir sadalīti ādas veidojumos, kurus apskata ārsti un kurus pētām mēs. Tātad, mērķis ir saprast sastāvu – kādi pigmenti šajos veidojumos ir parādījušies vairāk, kādi mazāk. Paskatoties vienkārši ar aci, mēs to nevaram pateikt, bet to var pateikt, izmantojot šos prototipus.

### **Kāpēc tieši āda nevis, piemēram, zobi, mati vai nagi?**

**J. S:** Labs jautājums. Kad mēs sākām, visas šīs biomedicīniskās optikas un biofotonikas lietas bija attīstības sākumposmā. 1995. gadā man bija izdevība pusgadu pabūt Londonā un apgūt šīs jaunās lietas. Atgriezoties Rīgā, mani nodarbināja jautājums par to, kāds varētu būt pētījumu objekts un tika izvēlēta āda tāpēc, ka tā ir vispieejamākā. Šādus optiskos mērījumus veic arī ķermeņa iekšienē, izmantojot endoskopus. Tas ir daudz sarežģītāk, bet āda ir vienmēr pieejama, tā ir ārējais cilvēka orgāns. Ādas optikā ir pietiekami daudz interesantu lietu, kas vēl nebija izpētītas. Tāpēc nolēmām pētīt ādu. Mēs sākām pirms 25 gadiem un tā joprojām ar to nodarbojamies.

Arī nagi tika pētīti. Bija tāds periods, kad mēs skatījāmies, kā āda fluorescē un kā fluorescē arī nagi. Ir tāds process kā fluorescences fotoizbalēšana. Respektīvi, apstarojot jeb apgaismojot objektu (šajā gadījumā ādu vai nagus) ar nemainīgu gaismas intensitāti, mēs redzam, ka fluorescences intensitāte ar laiku samazinās. Bija interesanti, ka nagiem samazinājuma ātrums bija atšķirīgs nekā ādai, bet patiesībā tālāk par nagiem mēs neesam īpaši pētījuši. Savukārt gan mati, gan zobi ir kaulveida struktūras, kas ir ar pilnīgi citu uzbūvi nekā ādai. Tur ir vajadzīga drusku specifiska pieeja, citas metodikas un citas ierīces. Mēs pagaidām ar to neesam nodarbojušies.

### **Abos projektos Jūsu komandā ir iesaistīti studējošie.**

**J. S:** Ilze visu laiku bija studējoša, bet oktobrī beidza doktorantūru un pašlaik ir zinātniskā grāda pretendente. Vanesa pirms kāda laika arī bija studējoša, līdz brīdim, kad aizstāvēja savu promocijas darbu 2017.gadā.

### **Vanesa un Ilze – kā sākās jūsu karjeras ceļš Biofotonikas laboratorijā?**

**V. L.:** Man sanāca tā, ka bakalaura un maģistra studiju laikā es sapratu, ka strādāt tieši laboratorijā ir tas, ar ko es gribu dzīvē nodarboties. Man tas patīk, un tieši to es gribu darīt. Tad sākās mans ceļš doktorantūrā.

**I. O:** Man viss sākās jau skolas laikā, man ļoti patika matemātika, bet, tā kā matemātikā pārsvarā ir tikai rēķināšana, tad man šķita, ka interesantāk būtu nedaudz sasaistīt šo matemātiku ar kaut ko vairāk. Man izvēle krita uz fiziku. Pirmajā studiju gadā LU mums bija dažādas ekskursijas uz zinātniskajiem institūtiem. Viens no šiem institūtiem bija Atomfizikas un spektroskopijas institūts, kurā es pirmo reizi iepazinos ar Biofotonikas laboratoriju un virzieniem, kas tur tiek pētīti. Mani ļoti ieinteresēja diagnostika. Biofotonikas laboratorijā es izstrādāju savu bakalaura darbu, un tieši tajā laikā tika veidoti šie jaunākie prototipi, vieni no pirmajiem. Tālāk savas pētnieciskās intereses turpināju, studējot maģistrantūrā un doktorantūrā.

### **Kā tiek veidotas pētnieku komandas jūsu vadītās laboratorijas īstenotajiem projektiem?**

**J. S:** Tas ir līdzīgi, kā aug kristāli. Ir kāds kristalizācijas centrs, kas pamazām apaug ar jauniem kristāliņiem. Mums ir līdzīgi. Pamatā jau viss vienmēr sākas ar studentiem. Ja bakalaura darbs studentu aizrauj, tad viņš turpina pētījumus maģistrantūras līmenī un doktorantūrā. Mēs iespēju robežās cenšamies nodrošināt, lai studentiem būtu arī kāda pusslodzīte un atalgojums. Pētniecības

projekti visos laikos ir bijuši, un visos projektos (arī tagad) faktiski prioritāte ir studentiem. Mūsu laboratorijā ir izstrādātas un aizstāvētas 10 fizikas doktora disertācijas un divas ir diezgan tuvu finišam. Lielāko daļu pētnieku esam “izaudzinājuši” paši.

Pētnieku skaits nav nemainīgs, mūsu laboratorijā vidēji ir nodarbināti 25–30 pētnieki, bet kodols ir 12–15. Un apmēram tik pat daudz tiek iesaistīti studenti, kas vienlaikus izstrādā savus bakalaura vai maģistra darbus, kā arī inženieri un citi speciālisti.

### **Nereti ir lasāmi, dzirdami izteikumi, ka zinātniskā vide nav motivējoša finansiālu apsvērumu dēļ.**

**J. S.:** Jāsaka tā, ka mums nav nekādu unikālu atšķirību no citiem, kas strādā zinātnē – vienalga, vai tā būtu ķīmija, bioloģija vai medicīna. Latvijā sistēma ir izveidojusies tāda, ka visu nosaka projekti. Lēkājām kā vāveres pa koku zariem – no viena projekta uz otru. Vienkārši cenšamies pēc iespējas labāk pieteikt projektus. Līdz šim mums ir diezgan labi veicies. Protams, ir arī bijis, kad neveicas. Ja projekts tiek apstiprināts, tad ir vajadzīgi cilvēki, kas to realizē. Ja šie faktori sakrīt t.i., ja ir gan projekts, gan cilvēkresursi, tad kāpēc lai tas nestrādātu?

Nav jau tā, ka pētnieku darbs ir slikti apmaksāts – īpaši, ja ir runa par augstāka līmeņa pētniekiem un vadošajiem pētniekiem. Pilnas slodzes apmaksā ir stipri virs vidējās valstī, vismaz divreiz lielāka. Pētniecības darbs ir specifisks, tas ir interesants un atšķirīgs kā, piemēram, sēdēt birojā 8 stundas no 9:00 līdz 17:00 un darīt kādu monotonu, rutīnas darbu. Te vienmēr ir kaut kas jauns, vienmēr ir kaut kādas interesantas lietas, nav arī strikti laika ierobežojumi. Mūsu pētnieki strādā gan brīvdienās, gan svētku dienās. Nav noteikts, ka precīzi tikos un tikos ir jābūt uz vietas un tikos un tikos ir jāiet prom. Teiksim, valsts pārvaldē ir stabila alga un dažādas garantijas, bet tas darbs šķiet mazāk interesants. Šeit ir interesanti, un tas ir labi!

*“Progresīva spektrālās attēlošanas tehnoloģija ādas diagnostikai” ir Latvijas Zinātnes padomes administrētais fundamentālo un lietišķo pētījumu projekts.*

*“Multimodāla attēlošanas tehnoloģija ādas jaunveidojumu in-vivo diagnostikai” ir Eiropas Reģionālās attīstības fonda administrēts projekts.*

Laikrakstam “Zinātnes Vēstnesis”  
sagatavoja Ilona Gehtmane–Hofmane

Avots: “Zinātnes Vēstnesis”, Nr. 1 (606), 2021. gada 25. janvāris.