



82. Latvijas Universitātes  
starptautiskā zinātniskā  
konference 2024

**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS  
UN OPTOMETRIJAS  
FAKULTĀTES  
PLENĀRSĒDE**

---

**TĒŽU KRĀJUMS**



LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS  
UN OPTOMETRIJAS  
FAKULTĀTE**

## Saturs

Programma.....	3
Atkodējot dekādi: Skaitļa 10 simbolisms Antīkajā pasaulē .....	4
Krāsu redzes diagnostika .....	5
Datu kopas palielināšana objektu identifikācijai, izmantojot zivs acs kameru attēlus.....	6
Siltuma caurlaidības mērījumi laboratorijas apstākļos pilna izmēra koka karkasa ārsienu konstrukcijām .....	7
K <sub>2</sub> molekulas spēcīgi sajauktu pirmo ierosināto stāvokļu detalizēts apraksts: izaicinājumi un risinājumi8	
Degšanas un termiskās sadalīšanās procesu matemātiskā modelēšana.....	9
Atšķirt indivīdu no pūļa: vienelektrona kvantu tehnoloģiju fundamentālie modeļi.....	10



## Programma

8.30–9.00	Pieslēgšanās	
Vadītājs/Chair: Asoc.Prof. Aiga Švede		
9.00–9.05	<b>Asoc.Prof. Aiga Švede</b> <i>Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte, LU</i>	Plenārsēdes atklāšana
9.05–9.30	<b>Lekt. Gatis Ezerkalns</b> <i>Humanitāro zinātņu fakultāte, Klasiskās filoloģijas nodaļa, LU</i>	Atkodējot dekādi: Skaitļa 10 simbolisms Antīkajā pasaulē
9.35–10.00	<b>Lekt. Renārs Trukša</b> <i>FMOF, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, LU</i>	Krāsu redzes diagnostika
10.05–10.30	<b>Pētn. Jevgēnijs Teličko</b> <i>FMOF, Skaitliskās modelēšanas institūts, LU</i>	Datu kopas palielināšana objektu identifikācijai, izmantojot zivs acs kameru attēlus
10.35–11.00	<b>Vad.pētn. Staņislavs Gendelis</b> <i>FMOF, Skaitliskās modelēšanas institūts, LU</i>	Siltuma caurlaidības mērījumi laboratorijas apstākļos pilna izmēra koka karkasa ārsienu konstrukcijām
11.05–11.30	<b>Vad.pētn. Māris Tamanis</b> <i>FMOF, Lāzeru centrs, LU</i>	K2 molekulas spēcīgi sajauktu pirmo ierosināto stāvokļu detalizēts apraksts: izaicinājumi un risinājumi”
11.35–12.00	<b>Prof. Uldis Strautiņš</b> <i>FMOF, Matemātikas nodaļa, LU</i>	Degšanas un termiskās sadalīšanās procesu matemātiskā modelēšana
12.05–12.30	<b>Prof. Vjačeslavs Kaščejevs</b> <i>FMOF, Fizikas nodaļa, LU</i>	Atšķirt indivīdu no pūļa: vienelektrona kvantu tehnoloģiju fundamentālie modeļi
12.30–13.00	Diskusija, plenārsēdes noslēgums	

## Atkodējot dekādi: Skaitļa 10 simbolisms Antīkajā pasaulē

### Gatis Ezerkalns

Latvijas Universitāte, Humanitāro zinātņu fakultāte,  
Klasiskās filoloģijas nodaļa, Rīga, Latvija  
[gatis.ezerkalns@lu.lv](mailto:gatis.ezerkalns@lu.lv)

Cipariem un skaitļiem, ko tie veido, mūsdienās ir nenovērtējama loma; bez tiem nav iedomājama ne modernā zinātne, ne sabiedrība kopumā. Paradoksāli, taču vienlaikus mūsdienās tie savā simbolismā kļuvuši mazvērtīgāki. Antīkajā pasaulē skaitļi pildīja īpašu funkciju, jo sevišķi reliģiskos priekšstatos. No Mezopotāmijas līdz Ēģiptei, no Senās Grieķijas līdz Romai un citām civilizācijām cipariem un skaitļiem tika piedēvēta unikāla un daudzšķautņaina loma šo seno sabiedrību kolektīvās apziņas veidošanā. Senajā Grieķijā pitagorieši, bagātas intelektuālās tradīcijas sekotāji, tiek uzskatīti ne tikai par matemātikas, astronomijas un mūzikas attīstības veicinātājiem; ciparu izpēti caurvija dziļā aizraušanās ar mistisko un Pitagora uzskats par dvēseles reinkarnāciju. Pirmšķirīgu lomu skaitļu misticismā ieņēma skaitlis 10 jeb tā sauktā dekāde, kas pārsniedz vienkāršu matemātisku abstrakciju. Kas bija skaitlis 10? Šī pētījuma ietvaros reliģiski teksti, literāri darbi, un filozofiski traktāti tika analizēti gan tulkojumā, gan oriģinālvalodā, pētot skaitli 10, kam sengrieķu filozofs Pitagors piedēvējis dievišķumu; daudzveidīgās simboliskās nozīmes izgaismo tā ietekmi uz seno civilizāciju – konkrēti Senās Grieķijas – reliģiskajām praksēm, sociālajām struktūrām un pat kosmoloģiju. Pētījuma rezultāti apstiprina, ka dekādes nozīme Senajā Grieķijā bija daudzšķautņaina, sākot no tā fundamentālās nozīmes matemātikā un ģeometrijā līdz tā dziļajam simbolismam filozofijā, misticismā, kā arī sabiedrības struktūrās. Dekāde kalpoja kā tilts starp materiālo un metafizisko, atspoguļojot dažādu grieķu intelektuālās un kultūras dzīves aspektu savstarpējo saistību.

**Atslēgas vārdi:** cipari, skaitļi, antīkā pasaule, dekāde, desmit, simbolisms, matemātika

## Krāsu redzes diagnostika

**Renārs Trukša, Zane Jansone-Langina, Sergejs Fomins, Jānis Dzenis**

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija  
[renars.truksa@lu.lv](mailto:renars.truksa@lu.lv)

Rakstītās liecības par krāsu redzes uztveres pētījumiem ir datējamas ar 1794. gadu. Tiesa, neskatoties uz vairāk kā 200 gadu kolektīvajiem centieniem izprast krāsu uztveres procesu, šajā jomā vēl joprojām ir daudz neatbildētu jautājumu. Krāsu redzes diagnostika ir aktuāla problēma, jo aptuveni 0,5 % sieviešu un 8 % vīriešu ir konstatējami iedzimti krāsu redzes deficīti. Krāsu deficītu savlaicīga diagnostika ir būtiska, lai izvēlētos atbilstošas metodes bērnu apmācībai un lai cilvēkiem ar krāsu redzes deficītiem nodrošinātu iespēju savlaicīgi izvēlēties profesiju, kurā spēja izšķirt krāsainos stimulus nav vitāli nepieciešama. Šobrīd ir pieejamas vairākas metodes krāsu redzes deficītu izvērtēšanai, tomēr vairumam no tām ir viens būtisks trūkums – pieejamība. Lai risinātu iepriekš minēto problēmu Latvijas Universitātes, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā ir izstrādāts datorizēts krāsu redzes tests CCVT (Computerized Colour Vision Test), kas nodrošina iespēju sekmīgi veikt krāsu redzes izmeklējumu bez nepieciešamības pēc komplicēta tehniskā nodrošinājuma. CCVT testa jutība un specifitāte sasniedz 100 %, kas nodrošina iespēju izšķirt sarkani-zaļās krāsu redzes deficītu gadījumus no normai atbilstošas krāsu redzes. CCVT tests nodrošina iespēju ne tikai identificēt iedzimtus krāsu redzes deficītu gadījumus, bet arī konstatēt krāsu redzes izmaiņas, kas saistās ar dabīgu novecošanas procesu. Salīdzinot pētījuma dalībnieku sniegumu, kas konstatēts ar tādiem krāsu redzes testiem kā FM100 (Farnsworth-Munsell hue test) un CAD (Colour Assessment and Diagnosis test) konstatēti sakrītoši rezultāti attiecībā uz krāsu redzes izmaiņām dažādās vecuma grupās un uz krāsu redzes deficītu gadījumiem. Pētījuma rezultāti ierosina, ka šobrīd plaši pieejamā tehniskā nodrošinājuma kvalitāte ir pietiekama, lai nodrošinātu kvalitatīvu krāsu redzes izmeklējumu ārpus redzes uztveres laboratorijas vai optometrista klīniskās prakses.

**Pateicība:** Pētījums tiek realizēts ar Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas finansiālo atbalstu ORZN zinātniskās pētniecības projekta “Kataraktas skartās acs lēcas ietekme uz hromatisko izšķirtspēju un krāsu uztveri” ietvaros (Projekta Nr. ORZN-2023/2).

**Atslēgas vārdi:** hromatiskā jutība, datorizētie krāsu redzes testi, krāsu redzes deficīti, krāsu uztvere.

# Datu kopas palielināšana objektu identifikācijai, izmantojot zivs acs kameru attēlus

**Jevgēnijs Teličko, Andris Jakovičs**

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte,  
Skaitliskās modelēšanas institūts, Rīga, Latvija  
[jevgenijs.telicko@lu.lv](mailto:jevgenijs.telicko@lu.lv)

Šī prezentācija sniegs īsu ieskatu vienā no daudziem Skaitliskās Modelēšanas Institūta (SMI) darbības virzieniem saistībā ar ēkas optimizāciju.

Pirmkārt, tiks īsi pārrunāts, kāda veida ēkas vadība varētu būt uzlabota ar mākslīgā intelekta metodēm un kuras ir biežāk sastopamās šīs jomas problēmas, kā arī kādas ir minimālās prasības ēku vadībai un datu struktūrām.

Otrkārt, tiks prezentēts, kāda veida datorredzes modeļi varētu palīdzēt ēkas vadībai, kādi izaicinājumi varētu veidoties saistībā ar papildu datu ievākšanu, kādas mākslīgo neironu tīklu arhitektūras varētu dot labāku rezultātu objektu skaitīšanai un kāda ir iegūstamā papildu informācija. Vairākos gadījumos ir efektīvi izmantot zivs acs kameras, jo iekšējās ar tām var sasniegt vairāk informācijas uz vienu sensoru. Dažādās telpās varētu būt nepieciešams izmantot zivs acs kameras ar dažādiem skata leņķiem. Tas varētu radīt datu analīzes grūtības, jo izkļedes no kamerām varētu atšķirties, salīdzinot ar mākslīgā neironu tīkla trenēšanas datu kopas attēla izkļedēm, negatīvi ietekmējot mākslīgā neironu tīkla rezultātus. Lai uzlabotu modeļa darbības precizitāti, varētu tikt izmantotas vairākas metodes. Šajā prezentācijā tiks likts uzsvars uz datu kopas papildināšanu ar mākslīgo izkļedi.

**Pateicība:** Pētījums realizēts ar FMOF zinātniskās pētniecības projektu finansējuma atbalstu.

**Atslēgas vārdi:** ēku vadība, mākslīgais intelekts, datorredze, datu augmentācija, datu kopas

# Siltuma caurlaidības mērījumi laboratorijas apstākļos pilna izmēra koka karkasa ārsienu konstrukcijām

## Staņislavs Gendelis

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte,  
Skaitliskās modelēšanas institūts, Rīga, Latvija  
[stanislavs.gendelis@lu.lv](mailto:stanislavs.gendelis@lu.lv)

Latvijas Universitātes Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultātes Skaitliskās modelēšanas institūts 2019. gadā ir izveidots uz Vides un tehnoloģisko procesu matemātiskās modelēšanas laboratorijas bāzes. Viens no senākajiem Institūta pētījumu virzieniem ir ēku un būvkonstrukciju siltuma zudumu un energoefektivitātes pētījumi – kā teorētiskie un skaitliskās modelēšanas, tā arī eksperimentālie.

Mūsdienās energoefektīvu ēku būvniecībā plaši tiek lietotas koka karkasa konstrukcijas ar siltuma izolācijas aizpildījumu. Tos izgatavo rūpnieciski un montē kā konstruktoru būvlaukumā, kas ļauj gan samazināt ēkai būvniecībai nepieciešamo laiku, gan arī uzlabot kvalitāti, jo konstrukcijas tiek izgatavotas ražotnē un procesa rezultātu neietekmē ārējie apstākļi.

Koka karkasa konstrukcijās pielieto dažāda biezuma un veida siltuma izolācijas materiālus, kā arī vairāku veidu koka statņus. Aprēķinot šādu izteikti heterogēnu būvizstrādājumu siltuma caurlaidības koeficientu (jeb  $U$  vērtību), praksē tiek pielietotas vienkāršotās inženiertehniskās aprēķinu formulas, kas neņem vērā siltuma plūsmas nevienmērīgumu dažādu materiālu savienojumu vietās. Lai pārbaudītu šī aprēķina atbilstību faktiskajiem konstrukciju siltuma caurlaidības rādītājiem, tika izgatavoti 7 pilna izmēra (full-scale) ār sienas 1x2 m paraugi ar praksē visbiežāk lietoto materiālu kombinācijām:

- kopējais biezums: 34...54 cm;
- siltuma izolācija biezums: 20...40 cm;
- siltuma izolācijas veids: 2 veidu cietā stikla vate, beramā akmens vate, ekovate.

Vairāku mēnešu garumā laboratorijas apstākļos (HotBox iekārtā) ir veikti šo paraugu siltuma caurlaidības mērījumi. Iegūtie rezultāti parādīja nelielas atšķirības starp eksperimentālajām un aprēķinātajām vērtībām, to pamatā ir siltuma plūsmas telpiskums I tipa sijās (kas netiek ņemts vērā aprēķinos), kā arī no deklarētā atšķirīgs materiāla mitrums (kura ietekme ir būtiska gan siltuma izolācijas materiāliem, gan koksnei). Iegūtās atšķirības ir lielākas konstrukcijām ar mazu biezumu.  $U$  vērtības novirze no aprēķiniem ietekmē ēkas aprēķināto siltumenerģijas patēriņu, īpaši zema enerģijas patēriņa ēkās. Tāpēc, lai uzlabotu aprēķinu precizitāti, ieteicams veikt I-tipa siju precīzu 3D modelēšanu neliela biezuma konstrukcijām.

**Atslēgas vārdi:** siltuma caurlaidība,  $U$ -vērtība, HotBox, koka karkasa ār siena, I-tipa sija

## K2 molekulas spēcīgi sajauktu pirmo ierosināto stāvokļu detalizēts apraksts: izaicinājumi un risinājumi

**Māris Tamanis, Ādams Lapiņš, Ilze Klincāre, Ruvins Ferbers**

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte, Lāzeru centrs,  
Rīga, Latvija  
[maris.tamanis@lu.lv](mailto:maris.tamanis@lu.lv)

Sārnu metālu dimēri jau daudzus gadus kalpo kā modeļ-molekulas dažādu optisko metožu izstrādei molekulu pielietojumiem kvantu tehnoloģijām. LU FMOF Lāzeru centra Molekulu optiskās polarizācijas laboratorijā tiek veikti sārnu metālu divatomu molekulu pētījumi, apstarojot tās ar lāzeru starojumu un reģistrējot molekulu lāzer-inducētās fluorescences (LIF) spektrus ar augstu precizitāti. Sevišķs izaicinājums ir šo molekulu ierosināto elektronisko stāvokļu pētīšana, jo, parasti, tie veido mijiedarbojošos stāvokļu, kas viens otru perturbē, kopumu – “kompleksu”. Lai iegūtu šādu sistēmu izsmeljošu aprakstu, ir jāveic sistemātiski un precīzi elektronisko stāvokļu svārstību-rotācijas līmeņu enerģiju (termu vērtību) mērījumi un jāizveido atbilstošs apraksta modelis. Mūsu laboratorijā ir uzkrāta liela pieredze šādu “kompleksu” pētīšanā, piemēram, var minēt KCs, un RbCs, kā arī Rb<sub>2</sub> un Cs<sub>2</sub> molekulas.

Projektā tika pētīti K<sub>2</sub> molekulas ierosinātie stāvokļi  $A1\sigma^+$  un  $b3\sigma_u$ , kurus sajauc spin-orbitālā mijiedarbība. Lai gan literatūrā ir pieejami dati par šiem stāvokļiem dažādos enerģijas apgabalos, to fragmentārums neļāva izveidot tādu deperturbācijas procedūru, kas visaptveroši aprakstītu abus stāvokļus plašā enerģijas diapazonā līdz pat disociācijas robežai un spētu reproducēt enerģijas datus ar precizitāti tuvu eksperimentālai. Mūsu pētījums ietvēra ar lāzeri ierosinātu K<sub>2</sub> molekulu LIF spektru mērījumus ar Furjē transformāciju spektrometru, kas nodrošināja augstu spektrālīniju un ierosināto stāvokļu līmeņu termu vērtību noteikšanas precizitāti. Tas ļāva būtiski papildināt datu klāstu, aizpildīt tukšos enerģijas apgabalus, kā arī paplašināt rotācijas līmeņu diapazonu. Bez tam šajā darbā tika iegūtas arī 39K41K un 41K41K izotopologu termu vērtības, kas ir svarīgi iegūto viļņu funkciju korektuma pārbaudei. Pētījuma rezultātā ir iegūtas deperturbētās  $A1\sigma^+$  un  $b3\sigma_u$  stāvokļu potenciālās līknes un citi svarīgi šo stāvokļu parametri.

**Pateicība:** Pētījums realizēts ar FMOF zinātniskās pētniecības projektu finansējuma atbalstu.

**Atslēgas vārdi:** divatomu molekulas, lāzer-inducētā fluorescences, Furjē transformāciju spektroskopija, sajauktie elektroniskie stāvokļi



# Degšanas un termiskās sadalīšanās procesu matemātiskā modelēšana

**Uldis Strautiņš**

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte,  
Matemātikas nodaļa, Rīga, Latvija  
Latvijas Universitātes Matemātikas un Informātikas institūts, Rīga, Latvija  
[uldis.strautins@lu.lv](mailto:uldis.strautins@lu.lv)

Siltuma un masas pārnese procesu matemātiskajai modelēšanai Latvijas Universitātes Matemātikas nodaļā ir sena vēsture. Pēdējos gados daudz uzmanības ir tikusi vērsta uz biomasas degšanas un termiskās sadalīšanās procesu matemātisko modelēšanu: šajā jomā tikuši izstrādāti vairāki zinātniski projekti; tie devuši arī tēmas vairāku doktorantu zinātniskajiem darbiem. Šodienas prezentācijā gūsim īsu ieskatu dažos šo projektu aspektos.

Siltuma un masas pārnese biomasas degšanas procesos notiek dažādos režīmos, piemēram, degošās biomasas iekšiene ir poraina vide, kamēr liesma tipiski attīstās brīvā telpā. Sarežģītās daudzpakāpju ķīmiskās reakcijas prasa pieņēmumus, lai atļautu modeli vienkāršot. Tāpēc matemātiskie modeļi tipiski satur vairākus moduljus, no kuriem katrs ir tikai tuvinājums, un kuru vienlaicīga risināšana ļauj simulēt visu degšanas procesu.

Tiks parādīti dažāda tipa matemātiskie modeļi: klasiska parciālo diferenciālvienādojumu sistēma, kas tiek risināta ar piemērotu galīgo tilpumu metodi Eilera koordinātēs; parametru identifikācijas metodes; vienādojumi Lagranža koordinātēs un piemērota skaitliskā metode (SPH); īpaši izstrādāts modelis porainā vidē, kas ļauj aprakstīt materiāla caurlaidības un porainības izmaiņas gazifikācijas procesa laikā; poru tīkla modeļi un hibrīdas dimensijas modeļi.

# Atšķirt indivīdu no pūļa: vienelektrona kvantu tehnoloģiju fundamentālie modeļi

## Vjačeslavs Kaščejevs

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte,  
Fizikas nodaļa, Rīga, Latvija  
[vjaceslavs.kascejevs@lu.lv](mailto:vjaceslavs.kascejevs@lu.lv)

Elektronika kvantu līmenī saskaras ar lādiņa nesēju diskrēto dabu un šo elementāro lādiņu viļņu īpašībām. LU Fizikas nodaļas Nanoelektronikas teorijas grupa ciešā sadarbībā ar virkni eksperimentālo laboratoriju Eiropā rada elektronikas čipu ķēžu elementus, kas ļauj izmantot kvantiskuma priekšrocību precīzo mērījumu un informācijas apstrādes pielietojumos.

Rīgā tika izstrādāts un 2023. publicēts divu elektronu mijiedarbības modelis lauka efekta radītajā pusvadītāju slēdzī. No teorētiskās fizikas viedokļa šis modelis ir hirālo elektronu Kulona izkliedes ārējā paraboliskā potenciāla atrisinājums, kas ir līdzīgs Kulona uzdevuma atrisinājumam Rezerforda eksperimenta aprakstam. No elektronu kvantu optikas viedokļa modelis apraksta elektronu staru dalītāju stipras dispersijas un nelinearitātes režīmā. Savukārt, no elektrisko ķēžu teorijas viedokļa šis efekts ir mazākais teorētiski iespējamais lauka tranzistors, kurā viena elektrona strāvu pārslēdz mijiedarbība ar citu elektronu.

Starptautiskā projekta SEQUOIA (2018-2021) ietvaros šāds divu atsevišķu elektronu kolaiders tika realizēts divos metroloģijas institūtos – Vācijas nacionālās metroloģijas institūtā PTB un Lielbritānijas Nacionālajā fizikas laboratorijā (NPL). LU modelis ļāva kvantitatīvi interpretēt šo eksperimentu rezultātus un piedāvāt jaunu metodi ultraīsu (īsaķu par 10 pikosekundēm) elektrisku signālu mērīšanai. Šie zinātniskie rezultāti tika publicēti nozares vadošajā zinātniskajā žurnālā Nature Nanotechnology.

LU uzkrātā zinātība un starptautiskā atpazīstamība ļauj turpināt nākotnes kvantu tehnoloģiju fundamentālos pētījumus starptautisku projektu “ELectronic QUantum REsources” (ELQURES) un “Advanced Quantum Technologies for Electrical Current Metrology” (AQuanTEC), kuru realizācijas sāksies 2024. gadā.