

DOKTORANTŪROS STUDIJŲ DALYKO SANDAS

| Dalyko pavadinimas | Mokslų kryptis (kodas) | Fakultetas | Centras/Institutas/Skyrius |
|---|------------------------|--|--|
| Modernioji optika ir spektroskopija (10 ECTS kreditų) | Fizika N 002 | Fizikos | Lazerinių tyrimų centras, Cheminės fizikos institutas |
| Studijų būdas | Valandų skaičius | Studijų būdas | Valandų skaičius |
| paskaitos | 24 | konsultacijos (reniamos jei doktorantai pageidauja) | 12 |
| individualus | 214 | seminarai | |

Dalyko anotacija

1. Kietojo kūno lazeriai (R. Butkus)

Kietojo kūno lazerių medžiagų sandara ir ypatybės. Retųjų žemių metalų jonų optinės savybės kietojo kūno lazerinėse medžiagose. Pereinamųjų metalų jonų optinės savybės kietojo kūno lazerinėse medžiagose. Nespinduliniai šuoliai lazerinėse medžiagose. Diskiniai bei šviesolaidiniai lazeriai. Kietojo kūno lazerių kaupinimas diodiniais lazeriais. Kero lęšio modų sinchronizacija. Kietojo kūno lazeriai infraraudonojoje srityje. Ekstremalios šviesos infrastruktūra.

2. Parametriniai šviesos stiprintuvai (A. Dubietis)

Trumpas įvadas į netiesines trijų bangų sąveikas dvejetainio lūžio kristaluose. Pagrindiniai netiesiniai kristalai. Parametrinė fluorescencija ir superfluorescencija. Parametrinio šviesos stiprinimo principai. Stiprinimo koeficientas. Fazinis sinchronizmas ir dažnių derinimo diapazonas. Trumpų šviesos impulsų parametrinis stiprinimas. Grupinių greičių nederinimas. Stiprinimo juostos plotis. Praktinės parametrinių šviesos stiprintuvų schemos. Superkontinuumas kaip užkrato signalas. Šviesos saviveikos reiškiniai. Superkontinuumo generacija: netiesinės medžiagos ir praktinės schemos. Nekolinearus parametrinio šviesos stiprinimo principai. Ultratrumpųjų šviesos impulsų parametriniai stiprintuvai. Čirpuotų impulsų parametrinis stiprinimas (OPCPA): pasiekimų apžvalga.

3. Impulsinių pluoštų sklaidimas (G. Valiulis)

Bangų amplitudės ir fazės laikinė bei erdvinė moduliacija. Šviesos impulsų modeliai. Ribotojo spektro ir moduluotos fazės impulsai. Šviesos impulso sklaidimo dispersinėje terpėje lygtis, įvairūs dispersijos teorijos artiniai. Normali ir anomali grupinių greičių dispersija. Šviesos impulsų dispersinis plitimas ir spūda. Erdvinis šviesos signalo spektras. Parabolinė difrakcijos lygtis. Beselio pluoštai. Impulsinių pluoštų difrakcija. Kampinė optinio signalo dispersija. Pakrypusio amplitudinio fronto impulsai Nedifraguojantys impulsiniai pluoštai (X bangos) tiesinėje dispersinėje terpėje. Tribangė parametrinė sąveika, lygtys. Parametrinis stiprinimas monochromatinio kaupinimo lauke. Parametrinio stiprinimo dažnių juosta. Netiesinė dispersija. Fazinės moduliacijos apgrąža. Signalų siaurėjimas grupinio derinimo sąlygomis. Soties režimas. Modinio stiprinimo režimas. Netiesinio sąveikos režimo ypatumai.

4. Erdvėje ir laike koncentruotos šviesos sąveikos su medžiaga (M. Malinauskas)

Lokaluota erdvėje šviesos-medžiagos sąveika. Šviesos lokalizacija erdvėlaikyje. Tiesinė ir netiesinė sąveika, stochastiniai ir deterministiniai reiškiniai, griūtinė jonizacija ir daugiafotonė sugertis. Optinė galia, dozė ir intensyvumas, šviesos poliarizacija. Impulso trukmė, jų pasikartojimo dažnis ir skaičius. Negrįžtama fotomodifikacija: polimerizacija, tinklinimas, redukcija, savi-organizacija, pagava. Fotoiniciacija ir cheminis gesinimas, plazmos formavimas esant aštriam pluošto fokusavimui. Lazerinė rastrinė mikroskopija ir to taikymai nanoskopijoje “STED” inspiruotomis technikomis. Tiesioginio lazerinio rašymo 3D litografija. Ekstremali UV ir daugiaspalvė litografija. Optinė projekcija paremtas spausdinimas. Lazerio indukuotas tiesioginis pernešimas (LIFT). Lazerinis įrašymas skaidriose kietakūnėse medžiagose. Šviesa paremtas 4D spausdinimas ir 5D atmintis. Optinis mikromanipuliavimas. Integruotos “lab-on-chip” ir “lab-in-fiber” mikrosistemos

5. Laiko skyros spektroskopija (M. Vengris)

Šviesos sugerties ir emisijos principai atomuose, molekulėse, kietuosiuose kūnuose ir nanostruktūrose. Kvantmechaninis mikrosistemų dinamikos aprašymas. Kinetinės fluorimetrijos metodai. Globalinė ir tikslinė laiko skyros spektroskopijos duomenų analizė. Kinetinė sugerties spektroskopija (žadinimas-zondavimas). Žadinimo-zondavimo spektroskopija minkštosios rentgeno spinduliuotės, tolimojoje UV ir vidurinėje IR srityje. Daugiaimpulsinė kinetinė sugerties spektroskopija. Ramano spektroskopija su laikine skyra. Koherentinė elektroninė ir virpesinė spektroskopija: indukuotos gardelės, trijų impulsų fotonų aidas. Dvimatė elektroninė ir virpesinė spektroskopija.

6. Virpesinė spektroskopija (V. Šablinskas)

Trumpas įvadas į dviatomų molekulių virpesinių lygmenų teorija. Infraraudojoji sugertis ir Ramano sklaida. Daugiaatomų molekulių normalieji virpesiai. Simetrija virpesinėje spektroskopijoje. Virpesinių spektrinių juostų dažnių ir intensyvumų skaičiavimo metodai. Ramano sklaidos stiprinimas - Rezonansinė Ramano sklaida ir *SERS*. *ATR-FTIR* spektroskopija. Netiesinė virpesinė spektroskopija - *SFG* ir *CARS*. Virpesiniai spektrai ir cheminis vaizdinimas. Ramano ir IR spektrinė mikroskopija. Šiuolaikiniai virpesinės spektroskopijos taikymai

Pagrindinė literatūra

1 dalis:

1. W. Koechner, *Solid State Laser Engineering* 6th, rev. and updated ed., Springer-Verlag, New York, 2006, 750 p.
2. E. Gaižauskas, V. Sirutkaitis, *Kietojo kūno lazeriai*, VU leidykla, Vilnius, 2008, 290 p.
3. D. Charalambidis et al., *The Extreme Light Infrastructure—Attosecond Light Pulse Source (ELI-ALPS) Project*, In book: *Progress in Ultrafast Intense Laser Science XIII*, Springer Series in Chemical Physics, January 2017, DOI: [10.1007/978-3-319-64840-8_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64840-8_10)
4. Z.Chang et al., Intense infrared laser for strong-field science, *Adv. Opt. Photonics*, 14, 652-782 (2022).

2 dalis:

1. G. Cerullo, S. De Silvestri, *Ultrafast optical parametric amplifiers*, *Review of Scientific Instruments* 74, 1-18 (2003).
2. C. Manzoni and G. Cerullo, *Design criteria for ultrafast optical parametric amplifiers*, *J. Opt.* 18, 103501 (2016).
3. A. Dubietis, *Netiesinė optika*, Vilniaus universiteto leidykla, 2011, 178 p.
4. A. Dubietis, A. Couairon, *Ultrafast Supercontinuum Generation in Transparent Solid State Media*, Springer Nature, Cham, Switzerland; ISBN 978-3-030-14994-9, 2019, 125 p.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-14995-6>

3 dalis

1. A. P. Stabinis, G. Valiulis, Ultratrumpųjų impulsų netiesinė optika, Leidykla TEV, 2008, 242 p.
2. S.A.Akhmanov, V.A.Vysloukh, A.S.Chirkin, "Optics of Femtosecond Laser Pulses", American Institute of Physics, New York, 1992, 366 p.
3. G. Cerullo, S. De Silvestri, Ultrafast optical parametric amplifiers, Review of Scientific Instruments 74, 1-18 (2003).
4. Localized Waves, edited by H. E. Hernandez-Figueroa, M. Zamboni-Rached, and E. Recami Wiley, New York, 2008, 369p.
5. A.Stabinis, G. Valiulis and E. A. Ibragimov, Effective sum frequency pulse compression in nonlinear crystals, Opt. Comm., 86, 301 (1991).
6. G. Valiulis, A. Dubietis, R. Danielius, D. Caironi, A. Visconti, and P. Di Trapani, Temporal solitons in $\chi(2)$ materials with tilted pulses, J. Opt. Soc. Am. B, 16, 722 (1999).

4 dalis

1. K. Sugioka and Y. Cheng, *Ultrafast lasers—reliable tools for advanced materials processing*, Light: Sci. Appl. 3, e149 (2014).
2. D. Tan, K.N. Sharafudeen, Y. Yue, J. Qiu, *Femtosecond laser induced phenomena in transparent solid materials: Fundamentals and applications*, Prog. Mater. Sci. 76, 154–228 (2016).
3. M. Malinauskas, A. Žukauskas, S. Hasegawa, Y. Hayasaki, V. Mizeikis, R. uividas, and S. Juodkazis, *Ultrafast laser processing of materials: from science to industry*, Light: Sci. Appl. 5, e16133, (2016).
4. L. Jonusauskas, S. Juodkazis, and M. Malinauskas, Optical 3D printing: bridging the gaps in the meso-scale, J. Opt. 20, 053001, (2018).

5 dalis

1. H. van Amerongen, L.Valkūnas, R.van Grondelle. Photosynthetic excitons. World Scientific Publishers, 2. Singapore, 2000, 590p.
2. M.Vengris. Introduction to time-resolved spectroscopy. (lecture notes) web.vu.lt/ff/m.vengris/images/TR_spectroscopy02.pdf – retrieved 2017.09.15
3. A.Tokmakoff. Time-dependent quantum mechanics and spectroscopy. (lecture notes) <https://tdqms.uchicago.edu/> - retrieved 2017.09.15
4. F.Fuller and J.Ogilvie. Annu. Rev. Phys. Chem. 2015.66:667-690.

6 dalis

1. M. Diem, Modern Vibrational Spectroscopy and Micro-Spectroscopy, New York: John Wiley and Sons, 2015, 411 p.
2. R. Salzer, H.W. Siesler, Infrared and Raman Spectroscopic Imaging, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2009, 510 p.
3. V. Šablinskas, J. Čeponkus, Modernioji molekulių virpesinė spektrometrija, 2014, 241 p. http://www.bfsk.ff.vu.lt/Modernioji_molekuliu_virpesine_spektrometrija.pdf
4. J. M. Hollas, Modern spectroscopy. J. Willey & sons, 2004, 452 p.

| Konsultuojantys dėstytojai | mokslo laipsnis | pedag. vardas | Svarbiausieji darbai mokslo kryptyje (šakoje) paskelbti per pastaruosius 5 metus |
|----------------------------|-----------------|---------------|--|
| Rytis Butkus | dr. | doc. | 1. K. Lengyel, É. Tichy-Rács, K. Timpmann, S. Vielhauer, I. Romet, L. Kovács, G. Corradi, R. Butkus, M. Vengris, R. Grigonis, V. Sirutkaitis, I. Sildos, V. Kiisk, L. Puust and V. Nagirnyi, Cooperative |

| | | | |
|-------------------|-----------------|-------|---|
| | | | <p>luminescence of Yb³⁺ ion pairs in Li₆Y(BO₃)₃:Yb single crystals. <i>Journal of Luminescence</i>, 2021. 230: p. 117732.</p> <p>2. V. Tamulienė, R. Butkus, A. Stabinis, Bandwidth analysis of optical parametric amplifier pumped by broadband pulses, <i>JOSA B</i>. 37, 1413–1418 (2020).</p> <p>3. A. Maecinkevičiūtė, K. Michailovas, R. Butkus, Generation and parametric amplification of broadband chirped pulses in the near-infrared, <i>Opt. Commun.</i> 415, 70–73 (2018).</p> <p>4. V. Vaičaitis, R. Butkus, O. Balachninitė, U. Morgner, I. Babushkin, Diffraction-enhanced femtosecond white-light filaments in air, <i>Appl. Phys. B-Lasers Opt.</i> 124, 221 (2018).</p> <p>5. V. Pašiškevičius, V. Smilgevičius, R. Butkus, R. Coetzee, F. Laurell, Spatial and temporal coherence in optical parametric devices pumped with multimode beams, <i>Lith. J. Phys.</i> 58, 62–75 (2018).</p> |
| Audrius Dubietis | habil. dr. (HP) | prof. | <p>1. S. Vezzoli, V. Bruno, C. DeVault, T. Roger, V. M. Shalaev, A. Boltasseva, M. Ferrera, M. Clerici, A. Dubietis, D. Faccio, Optical time reversal from time-dependent Epsilon-Near-Zero media, <i>Physical Review Letters</i> 120, 043902 (2018).</p> <p>2. A. Halder, V. Jukna, M. Koivurova, A. Dubietis, J. Turunen, Coherence of bulk-generated supercontinuum, <i>Photonics Research</i> 7, 1345-1353 (2019).</p> <p>3. R. Šuminas, G. Tamošauskas, G. Valiulis, V. Jukna, A. Couairon, A. Dubietis, Multi-octave spanning nonlinear interactions induced by femtosecond filamentation in polycrystalline ZnSe, <i>Applied Physics Letters</i> 110, 241106 (2017).</p> <p>4. R. Šuminas, G. Tamošauskas, A. Dubietis, Filamentation-free self-compression of mid-infrared pulses in birefringent crystals with second-order cascading-enhanced self-focusing nonlinearity, <i>Optics Letters</i> 43, 235-238 (2018).</p> <p>5. G. Tamošauskas, G. Beresnevičius, D. Gadonas, A. Dubietis, Transmittance and phase matching of BBO crystal in the 3-5 μm range and its application for characterization of mid-infrared laser pulses, <i>Optical Materials Express</i> 8, 1410-1418 (2018).</p> |
| Gintaras Valiulis | habil. dr. (HP) | prof. | <p>1. G. Valiulis, K. Kalantojus, P. DiTrapani, Y.-D. Wang, O. Jedrkiewicz, Simultaneous stationarity and localization of linear wave packets: The importance of dimensionality and broad spectral support, <i>Physical Review A</i> 89, 053809 (2014).</p> <p>2. R. Šuminas, G. Tamošauskas, G. Valiulis, A. Dubietis, Spatiotemporal light bullets and</p> |

| | | | |
|-----------------------|-----|-------|--|
| | | | <p>supercontinuum generation in β-BBO crystal with competing quadratic and cubic nonlinearities, <i>Optics Letters</i> 41, 2097 (2016).</p> <p>3. R. Šuminas, G. Tamošauskas, G. Valiulis, V. Jukna, A. Couairon, A. Dubietis, Multi-octave spanning nonlinear interactions induced by femtosecond filamentation in polycrystalline ZnSe, <i>Appl. Phys. Lett.</i> 110, 241106 (2017).</p> <p>4. A. Dubietis, D. Faccio, G. Valiulis, Chapter 8: Rogue X waves; Non-Diffracting Waves, H. E. Hernandez-Figueroa, M. Zamboni-Rached, E. Recami, eds., Wiley-WCH, ISBN 978-3-527-41195-5, 2014, pp. 211-230.</p> |
| Mangirdas Malinauskas | dr. | prof. | <p>1. M. Malinauskas, A. Žukauskas, S. Hasegawa, Y. Hayasaki, V. Mizeikis, R. uividas, and S. Juodkazis, Ultrafast laser processing of materials: from science to industry, <i>Light: Sci. Appl.</i> 5, e16133, (2016).</p> <p>2. A. Zukauskas, I. Matulaitiene, D. Paipulas, G. Niaura, M. Malinauskas, and R. Gadonas, Tuning the refractive index in 3D direct laser writing lithography: towards GRIN microoptics, <i>Laser Photon. Rev.</i> 9, 706-712 (2015).</p> <p>3. S. Rekstyte, T. Jonavicius, D. Gailevicius, M. Malinauskas, V. Mizeikis, E.G. Gamaly, and S. Juodkazis, Nanoscale Precision of 3D Polymerization via Polarization Control, <i>Adv. Opt. Mater.</i> 4, 1209-1214 (2016).</p> <p>4. D. Gailevicius, V. Padolskyte, L. Mikoliunaite, S. Sakirzanovas, S. Juodkazis, and M. Malinauskas, Additive-Manufacturing of 3D Glass-Ceramics down to Nanoscale Resolution, <i>Nanoscale Horiz.</i> 4, 647-651 (2019).</p> <p>5. L. Jonusauskas, D. Gailevicius, S. Rekstyte, T. Baldacchini, S. Juodkazis, M. Malinauskas, Mesoscale Laser3D Printing, <i>Opt. Express</i> 27, 15205-15221 (2019).</p> |
| Mikas Vengris | dr. | prof. | <p>1. Llansola-Portoles, M. J.; Redeckas, K.; Streckaite, S.; Ilioiaia, C.; Pascal, A. A.; Telfer, A.; Vengris, M.; Valkunas, L.; Robert, B. Lycopene crystalloids exhibit singlet exciton fission in tomatoes. <i>Physical Chemistry Chemical Physics</i> 20, 8640 (2018).</p> <p>2. Pan, J.; Gelzinis, A.; Chorosajev, V.; Vengris, M.; Senlik, S. S.; Shen, J. R.; Valkunas, L.; Abramavicius, D.; Ogilvie, J. P. Ultrafast energy transfer within the photosystem II core complex. <i>Physical Chemistry Chemical Physics</i> 19, 15356 (2017).</p> <p>3. Redeckas, K.; Voiciuk, V.; Vengris, M. Investigation of the S-1/ICT equilibrium in fucoxanthin by ultrafast pump-dump-probe and femtosecond stimulated Raman</p> |

| | | | |
|---|----------|-------|--|
| | | | <p>scattering spectroscopy. <i>Photosynthesis Research</i> 128, 169 (2016) .</p> <p>4. Redeckas, K.; Voiciuk, V.; Zigmantas, D.; Hiller, R. G.; Vengris, M. Unveiling the excited state energy transfer pathways in peridinin-chlorophyll a-protein by ultrafast multi-pulse transient absorption spectroscopy. <i>Biochimica Et Biophysica Acta-Bioenergetics</i> 1858, 297 (2017).</p> <p>5. Vengris, M.; Garejev, N.; Tamosauskas, G.; Cepenas, A.; Rimkus, L.; Varanavicius, A.; Jukna, V.; Dubietis, A. Supercontinuum generation by co-filamentation of two color femtosecond laser pulses. <i>Scientific Reports</i> 9, 9011 (2019).</p> |
| Valdas Šablinskas | dr. (HP) | prof. | <p>1. J. Ceponkus, M. Jonusas, C. P. Cotter, M. Pucetaite, V. Aleksa, G. A. Guirgis and V. Sablinskas, Structural studies of 1,1-dimethyl-2-oxy-1-silacyclohexane by means of matrix isolation infrared absorption spectroscopy, <i>The Journal of Physical Chemistry A</i>, 119 (11), 2721–2726 (2015).</p> <p>2. M. Pucetaite, S. Tamosaityte, R. Galli, V. Sablinskas, G. Steiner, Microstructure of urinary stones as studied by means of multimodal nonlinear optical imaging, <i>J. Raman Spectrosc.</i>, (online Early View, DOI: 10.1002/jrs.4985) (2016).</p> <p>3. G. Steiner, G. Preusse, C. Zimmerer, M. Krautwald-Junghanns, V. Sablinskas, H. Fuhrmann, E. Koch, T. Bartels, Label free molecular sexing of monomorphic birds using infrared spectroscopic imaging, <i>Talanta</i> 150, 155–161 (2016).</p> <p>4. M. Pucetaite, M. Velicka, J. Pilipavicius, A. Beganskiene, J. Ceponkus, V. Sablinskas, Uric acid detection by means of SERS spectroscopy on dried Ag colloidal drops. <i>Journal of Raman Spectroscopy</i>, 47(6), 681-686 (2016).</p> <p>5. V. Šablinskas, M. Velička, M. Pučetaitė, V. Urbonienė, J. Čeponkus, R. Bandzevičiūtė, F. Jankevičius, T. Sakharova, O. Bibikova, G. Steiner, In situ detection of cancerous kidney tissue by means of fiber ATR-FTIR spectroscopy, SPIE digital library, art. no. 1049713 (2018).</p> |
| Patvirtinta Fizikos mokslų krypties doktorantūros komitete 2023 m. lapkričio 23 d., protokolo Nr. (7.17 E) 15600-KT-508 | | | |
| Komiteto pirmininkas S. A. Juršėnas | | | |