

## RTU studiju kurss "Nanostrukturētie metamateriāli"

32000 Dabaszinātņu un tehnoloģiju fakultāte

## Vispārējā informācija

Kods	DA0343
Nosaukums	Nanostrukturētie metamateriāli
Studiju kursa statuss programmā	Obligātais/Ierobežotās izvēles
Atbildīgais mācītbspēks	Andris Ozols - Habilitētais doktors, Docents
Apjoms daļās un kredītpunktos	1 daļa, 6.0 kredītpunkti
Studiju kursa īstenošanas valodas	LV, EN
Anotācija	Metamateriāli ir mākslīgi veidoti materiāli, kuru funkcionālās īpašības nosaka struktūra nevis vielas ķīmiskais sastāvs. Parasti šī struktūra ir periodiska, un tās periodam jābūt daudz mazākam nekā viļņa garums. Metamateriālu izveidē arvien lielāku lomu spēle nanotehnoloģijas. Metamateriāliem var būt īpašības, kādu nav parastajiem dabīgajiem materiāliem, piemēram, negatīvs laušanas koeficients, tādēļ šī nozare strauji attīstās. Studiju kurss iepazīstina ar metamateriālu izgatavošanas un darbības principiem, to klasifikāciju un īpašībām, kā arī ar to izmantošanu. Sevišķa uzmanība tiek veltīta elektromagnētiskajiem metamateriāliem, tajā skaitā optiski anizotropiem nanostrukturētiem metamateriāliem, un tādiem šo metamateriālu lietojumiem kā superlēcas, kuru izšķirtspēju neierobežo difrakcija, metamateriālu starotājiem un starojuma uztvērējiem, neredzamības pārklājumiem.
Mērķis un uzdevumi, izteikti kompetencēs un prasmēs	Studiju kursa mērķis ir dot iespēju studentam kļūt kompetentam šajā jomā. Studiju kursa uzdevumi ir sniegt studentam pamatzināšanas nanostrukturēto metamateriālu jomā, attīstīt spēju orientēties šīs jomas jautājumos un izmantot iegūtās zināšanas tālākajā zinātniskajā un praktiskajā darbā.
Patstāvīgais darbs, tā organizācija un uzdevumi	Pastāvīgais darbs tiks organizēts semināru ietvaros, kur studentiem būs jāgatavo referāti. Pastāvīgais darbs būs nepieciešams, lai sekmīgi nokārtotu eksāmenu.
Literatūra	Obligātā: 1. Negative-refraction materials. Fundamental Principles and Applications. Edited by G. I. Eleftheriades, K. G. Balmain. John Wiley & Sons, Inc., 2005, Hoboken, New Jersey, 418 p. 2. E.Poli, A.Cucinotta and S.Selleri. Photonic Crystal Fibers. Properties and Applications. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2007, 233p. 3. S.V.Gaponenko. Introduction to Nanophotonics. Cambridge University Press. Cambridge, New York, etc., 2010, 465 p. Papildus: 4. Metamaterials. Fundamental concepts and practical applications. Articles in: Materials Today, 2009, vol.12, No3. 5. P.R.Villeneuve. Photonic bandgap materials. In: Handbook of Optics, vol.IV, third edition. Edited by M.Bass, G.Li and E. Van Stryland. McGraw Hill, 2010, New York, pp.9.1 – 9.19. 6. E.Yablonovitch. Photonic Crystals. Journ. Of Modern Optics, 1994, vol.41, No2, pp.173-194. 7. Nanowires and nanotubes. Electronics and photonics in one dimension. Articles in: Materials Today, 2006, vol.9, No10. 8. Zi-Lan Deng, Guixin Li. Metasurface optical holography. Materials Today Physics, 2017, vol.3, pp.16-32. 9. A.E.Yachmenev, D.V.Lavrukhin, I.A.Glinsky, N.V.Zenchenko, Y.G.Goncharov, I.G.Spektor, R.A.Khabibulin, T.Otsuji, D.S.Ponomarev. Metallic and dielectric metasurfaces in photoconductive terahertz devices: a review. Optical Engineering, 2019, vol.59, No6, 061608-1 061608-18.
Nepieciešamās priekšzināšanas	Nepieciešamas ir priekšzināšanas par elektromagnētiskajiem viļņiem un materiālu uzbūvi un īpašībām (ieskaitot Maksvela vienādojumus), fizikālajā optikā, sevišķi jautājumos par interferenci un difrakciju, kvantu optikā un kvantu mehānikas pamatjautājumos Fizikas kursa ietvaros. Brīvi jāorientējas diferenciāl – un integrālrēķinos. Jāzina vielas ķīmiskās uzbūves jautājumi.

## Studiju kursa saturs

Saturs	Pilna un nepilna laika klātienē studijas		Nepilna laika neklātienē studijas	
	Kontaktstundas	Patstāv. darbs	Kontaktstundas	Patstāv. darbs
Ievads. Metamateriāla jēdziens. Metamateriālu veidi.	2	3	0	0
V.Veselago ideja par metamateriālu ar negatīvu laušanas koeficientu. 1 no 2 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	2	3	0	0
Enerģijas, impulsa un masas pārnese īpatnības. 1 no 2 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	2	3	0	0
Elektromagnētiskie metamateriāli, to iedalījums. Dubultnegatīvie un mononegatīvie metamateriāli. 2 no 6 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	6	9	0	0
Fotonkristāliskie metamateriāli. Fotonkristāliskās un mikrostrukturētās šķiedras. 2 no 4 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	4	6	0	0
Nelineāri optiskās parādības fotonkristāliskajās un mikrostrukturētajās šķiedrās un to izmantošana. 2 no 4 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	4	6	0	0
Zemviļņa fotonkristāliskie metamateriāli (fotoniskie metamateriāli). Efektīvais laušanas koeficienta anizotropij a. 1 no 4 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	4	6	0	0

Organiskie un polimēru fotonkristāliskie metamateriāli. Metaliskie fotoniskie kristāli. 2 no 4 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	4	6	0	0
Fotonkristāliskās struktūras dabā. Fotonkristālisko metamateriālu izgatavošana.	4	6	0	0
Plazmoniskie metamateriāli. Plazmoniskie nanovadi. 1 no 4 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	4	6	0	0
Šķelto riņķu rezonatoru režģi mikroviļņu diapazonā. Regulējamie metamateriāli. Terahercu metamateriāli.	4	6	0	0
Akustiskie un seismiskie metamateriāli. Nanostrukturētie optiskie metamateriāli. 2 no 4 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	4	6	0	0
Nanostrukturās kā metamateriāli: nanovadi, nanocaurules un grafēns.	4	6	0	0
Nanocauru elektronika un optoelektronika. Negatīvā refrakcija grafēnā.	4	6	0	0
Citi metamateriālu lietojumi. Superlēcas un hiperlēcas, to praktiskās lietošanas iespējas. Metamateriālu antenas.	4	6	0	0
Citi metamateriālu lietojumi (turpinājums). Fotonkristāliskie viļņvadi un sensori. Mākslīgie magnēti. 2 no 4 kontaktstundām ir paredzēta praktiskajiem darbiem.	4	6	0	0
Neredzamības pārklāji un antipārklāji. To aprēķinu metodes, praktiskā realizācija un lietošanas iespējas.	4	6	0	0
<b>Kopā:</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### Sasniedzamie studiju rezultāti un to vērtēšana

Sasniedzamie studiju rezultāti	Rezultātu vērtēšanas metodes
Spēj identificēt un klasificēt metamateriālus.	Pārbaudes veidi: praktiskie darbi (kontroldarbi, mājas darbi un referāti) un rakstisks eksāmens. Kritēriji: students brīvi orientējas metamateriālos, māk tos klasificēt.
Spēj analizēt metamateriālu darbības principus un īpašības, kā arī lietojumus.	Pārbaudes veidi: praktiskie darbi (kontroldarbi, mājas darbi un referāti) un rakstisks eksāmens. Kritēriji: konkrētās situācijās students analizē metamateriālu darbības principus, īpašības, iespējamo izmantošanu.
Spēj izprast to ierīču darbību, kurās tiek izmantoti metamateriāli (piemērama, superlēcas, fotonkristāliskā šķiedras, metamateriālu antenas) un novērtēt attiecīgo komerciālo ierīču raksturlielumus.	Pārbaudes veidi: praktiskie darbi (kontroldarbi, mājas darbi un referāti) un rakstisks eksāmens. Kritērijs: students reāli novērtē konkrētas metamateriālu ierīces veikspēju.
Kā izpildītājs spēj piedalīties projektos, kuros tiek sintezēti un pētīti metamateriāli un kuros tiek izstrādātas metamateriālu ierīces.	Pārbaudes veidi: praktiskie darbi (kontroldarbi, mājas darbi un referāti) un rakstisks eksāmens. Kritērijs: students spēj atrisināt uzdevumu par metamateriāliem.

### Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji

Kritērijs	% no kopējā vērtējuma
Eksāmens	50
Praktiskie darbi	50
<b>Kopā:</b>	<b>100</b>

### Studiju kursa plānojums

Daļa	KP	Stundas			Pārbaudījumi		
		Lekcijas	Prakt. d.	Laborat	Ieskaite	Eksām.	Darbs
1.	6.0	48.0	16.0	0.0		*	