



## STUDIJŲ DALYKO (MODULIO) APRAŠAS

Dalyko (modulio) pavadinimas	Kodas
Puslaidininkių fizikos įvadas	

Dėstytojas (-ai)	Padalinys (-iai)
Koordinuojantis: doc. dr. Jūras Mickevičius	Fizikos fakultetas

Studijų pakopa	Dalyko (modulio) tipas
Pirmoji	Pasirenkamasis dalykas

Įgyvendinimo forma	Vykdymo laikotarpis	Vykdymo kalba (-os)
Auditorinė	4 kursas, Rudens semestras	Lietuvių

Reikalavimai studijuojančiajam	
<b>Išankstiniai reikalavimai:</b> Studentas turi būti išklausęs kursus Bendroji fizika, Aukštoji matematika, Kvantinė mechanika, gebėti skaityti angliškų tekstus	<b>Gretutiniai reikalavimai (jei yra):</b> nėra

Dalyko (modulio) apimtis kreditais	Visas studento darbo krūvis	Kontaktinio darbo valandos	Savarankiško darbo valandos
5	140	64	76

Dalyko (modulio) tikslas: studijų programos ugdomos kompetencijos		
<p><b>Tikslas</b> – susipažinti su puslaidininkių fizikos pagrindais: juostų teorija (kvantinės mechanikos formalizmas), krūvininkų statistika (pasiskirstymo funkcijos lygyje) ir pernašos reiškiniais (Bolcmano kinetinės lygties ir tolydumo lygties lygyje).</p> <p><b>Ugdyti</b> kompetencijas: analitinį ir kritinį mąstymą; problemų sprendimo, komandinio darbo įgūdžius; savarankišką informacijos rinkimą, apdorojimą; gautų duomenų sintezės ir analizės gebėjimus; gebėjimą savarankiškai dirbti su fizikiniais prietaisais, naudojamais puslaidininkių tyrime, informacinėmis sistemomis.</p>		
Dalyko (modulio) studijų siekiniai	Studijų metodai	Vertinimo metodai
<p>Įgyti teorinių ir kai kurių praktinių žinių ir įgūdžių iš puslaidininkių fizikos, atliekant puslaidininkių medžiagų ir fizikinių reiškinų puslaidininkiuose tyrimus.</p> <p>Gebėti pritaikyti fizikos mokslo (ypač kvantinės mechanikos) ir informacinių technologijų žinias puslaidininkinių sistemų analizei ir tyrimui.</p> <p>Žinoti puslaidininkių pagrindinių tyrimo metodų ir modelių taikymo galimybes; gebėti įvertinti, kokie metodai ir įranga tiktų įvairių puslaidininkinių sistemų tyrimui, tinkamai interpretuoti eksperimentinių tyrimų rezultatus.</p>	<p>Paskaita, uždavinių sprendimas, laboratoriniai darbai, konsultacijos, savarankiškas darbas.</p>	<p>Laboratorinių darbų gynimas, uždavinių sprendimas, du kontroliniai darbai.</p> <p>Dalyko pabaigoje – egzaminas raštu.</p>

Temos	Kontaktinio darbo valandos						Savarankiškų studijų laikas ir užduotys		
	Paskaitos	Konsultacijos	Seminarai	Pratybos	Laboratoriniai darbai	Praktika	Visas kontaktinis darbas	Savarankiškas darbas	Užduotys Pratybose sprendžiamų uždavinių tematika atitinka paskaitose dėstomas temas, lab. darbai apima visą dėstyto programą, literatūra savarankiškam darbui nurodyta žemiau.
<b>1. Juostų teorija</b> Šredingerio lygtis kristalui. Adiabatinis ir vienelektronis artiniai. Elektronai periodiniame lauke. Blocho teorema. Brijueno zonos. Kvazilaisvojo ir kvazisurištojo elektrono teorijos. Efektinės masės metodas. Elektronai ir skylės. Energinis spektras išoriniuose laukuose. Juostų sandaros skaičiavimo būdai. Lokalsios būsenos.	8			4			12	12	Skaityti literatūrą paskaitos tema, spręsti namų užduotis
<b>2. Krūvininkų statistika</b> Būsenų tankis. Pusiausviroji pasiskirstymo funkcija. Elektronų ir skylių tankis. Neutralumo lygtis, priemaišinių lygmenų užpilda. Grynasis, legiruotas, kompensuotas, išsigimęs puslaidininkis.	4			2			6	6	
<b>3. Bolcmano kinetinė lygtis</b> Galiojimo sąlygos. Relaksacijos trukmės artinys. Kinetinės lygties sprendinys silpnais nuolatiniais elektriniam ir temperatūriniam laukams. Kinetinės lygties sprendinys magnetiniame lauke.	4			2			6	6	
<b>4. Pernašos reiškiniai</b> Elektros srovės ir šilumos srauto tankiai. Laidumo tenzoriai. Pernašos reiškiniai nesant magnetinio lauko ir magnetiniame lauke. Fenomenologiniai kinetiniai koeficientai. Kvantiniai pernašos reiškiniai.	4			2			6	4	
<b>5. Krūvininkų sklaida</b> Skaidos skerspjuvis. Skaidos kvantmechaninis aprašymas. Sklaida jonizuotomis ir neutraliosiomis priemaišomis. Krūvininkų sklaida fononais (akustinio deformacinio potencialo, pjezoelektrinė, optinio deformacinio potencialo ir polinė optinė). Sklaida dislokacijomis. Tarpslėnė sklaida. Judrio priklausomybė nuo temperatūros.	4			2			6	4	
<b>6. Nepusiausvirųjų krūvininkų difuzija ir dreifas</b> Tolydumo lygtis. Krūvininkų generacija ir rekombinacija. Difuzijos ir dreifo srovės (Einšteino sąryšis). Pagrindinių krūvininkų difuzija. Šalutinių krūvininkų difuzija ir dreifas (injekcija, ekstrakcija, ekskliuzija, akumuliacija). Dvipolė difuzija. Krūvininkų difuzija ties paviršiumi.	4			2			6	4	
<b>7. Karštieji krūvininkai</b> Efektinė temperatūra. Pasiskirstymo funkcijos. Energijos ir impulso balanso lygtys. Energijos nuostolių galia. Judrio ir tankio priklausomybė nuo lauko stiprio. Neigiamas diferencinis	2			1			3	2	

laidumas. Balistinė pernaša. Šviesa sužadinti karštieji krūvininkai									
<b>8. Puslaidininkų rūšys.</b> Netvarkieji puslaidininkiai ir laidumo mechanizmai juose. Polikristaliniai, organiniai ir superlaidūs puslaidininkiai.	2		1				3	2	
<b>LABORATORINIAI DARBAI</b> 1. Puslaidininkų elektrinio laidžio temperatūrinės priklausomybės tyrimas 2. Magnetovaržos ir Holo efekto tyrimas. 3. Krūvininkų dreifinio judrio matavimas impulsiniu metodu. 4. Puslaidininkų kompleksinės dielektrinės skvarbos tyrimas. 5. Krūvininkų judrio priklausomybės nuo elektrinio lauko stiprio tyrimas. 7. Saulės elemento charakteristika. 8. Erdvinio krūvio ribotų srovių (EKRS) kinetikos tyrimas. 9. Puslaidininkinis termogeneratorius. 12. Nepusiausvirųjų krūvininkų difuzijos nuotolio matavimas. Kiekvienas studentas mokomojoje laboratorijoje atlieka po 4 laboratorinius darbus iš sąrašo (tuos, kurių dar nėra atlikęs Bendrosios fizikos kurse) (po 3 val. kiekvienam darbui) ir juos apgina (po 1 val.).				16			16	16	Skaityti laboratorinio darbo metodikos aprašą ir literatūrą laboratorinio darbo tema. Pagal pateiktus reikalavimus parengti darbo aprašą.
<b>Pasiruošimas tarpiniams atsiskaitymams ir egzaminui</b>								20	
<b>Iš viso</b>	<b>32</b>		<b>16</b>	<b>16</b>			<b>64</b>	<b>76</b>	

Vertinimo strategija	Svoris proc.	Atsiskaitymo laikas	Vertinimo kriterijai
Laboratoriniai darbai (L)	20	Visas semestras	Privaloma atsiskaityti numatytą laboratorinių darbų kiekį. Tik juos atlikus, leidžiama laikyti egzaminą.
Tarpinis atsiskaitymas (T)	15	Tarpinis atsiskaitymas baigus dėstyti 1-3 temas	Vertinamos teorinės žinios, fizikos dėsnių supratimas ir mokėjimas juos taikyti. Studentai iki 2 akad. val. atlieka testą su uždara ir atvira klausimais (10-12 klausimų).
Kontrolinis darbas (K)	25	Tarpinis atsiskaitymas baigus dėstyti 4-5 temas	Rašomas kontrolinis darbas pagal pateiktas uždavinių sąlygas (4-5 uždaviniai).
Baigiamasis egzaminas (E)	40	Baigiamasis egzaminas sesijos metu	Egzaminas raštu. Egzamino užduotį sudaro teoriniai klausimai ir uždaviniai, viso apie 12-15 klausimų, skirtas laikas 2-3 val.  Bendras dalyko vertinimas: <b>P = 0,2L + 0,15T + 0,25K + 0,4E</b>

Autorius	Leidimo metai	Pavadinimas	Periodinio leidinio Nr. ar leidinio tomas	Leidimo vieta ir leidykla ar internetinė nuoroda
<b>Pagrindinė literatūra</b>				
A. Juodviršis, M. Mikalkevičius, S. Vengris	1985	Puslaidininkų fizikos pagrindai		Vilnius, Mokslas
A. Žukauskas	1998	Puslaidininkų kinetinės teorijos įvadas		Vilnius, VU

D.Jena	2022	Quantum Physics of Semiconductor Materials and Devices		Oxford University Press
<b>Papildoma literatūra</b>				
K.Seeger	2002	Semiconductor Physics. An Introduction		Berlin, Springer
D.A.Neamen	2012	Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles		McGraw-Hill