



STUDIJŲ DALYKO (MODULIO) APRAŠAS

Dalyko (modulio) pavadinimas	Kodas
Taikomoji branduolio fizika	

Dėstytojas (-ai)	Padalinys (-iai)
Koordinuojantis: doc. Andrius Poškus	VU Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9/III, Vilnius
Kitas (-i):	

Studijų pakopa	Dalyko (modulio) tipas
Pirmoji	Pasirenkamasis

Igyvendinimo forma	Vykdymo laikotarpis	Vykdymo kalba (-os)
Auditorinė	6 semestras	Lietuvių

Reikalavimai studijuojančiajam	
Išankstiniai reikalavimai: Studentas turi būti išklaušęs „Bendrosios fizikos“ dalyką	Gretutiniai reikalavimai (jei yra):

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		
Tikslas – įgyti žinių ir gebėjimų, reikalingų suprasti ir paaiškinti jonizuojančiosios spinduliuotės detektorių savybes, radiacinės spektrometrijos principus ir branduolio fizikos taikymus moksle, pramonėje ir medicinoje. Taip pat įgyti praktinių įgūdžių taikant radiacinės spektrometrijos bei radiacinės saugos praktinius metodus.		
Dalyko (modulio) studijų siekiniai	Studijų metodai	Vertinimo metodai
Įgyti teorinių ir praktinių detektorių fizikos, branduolio fizikos metodų taikymo kitose mokslo srityse, radiacinės spektrometrijos bei radiacinės saugos žinių.	Paskaitos, laboratoriniai darbai, savarankiškas darbas.	Apklausa žodžiu - laboratorinių darbų rezultatų analizė. Dalyko pabaigoje – egzaminas raštu.
Suprasti ir gebėti paaiškinti procesus vykstančius dalelių detektoriuose, branduoliniuose reaktoriuose ir įrenginiuose, kuriuose naudojami dalelių pluoštai.		
Gebėti pritaikyti branduolio fizikos žinias medžiagų sudėties tyrimui, radiacinės saugos analizei, branduolinėje medicinoje.		
Žinoti eksperimentinių branduolio fizikos metodų taikymo galimybes; gebėti įvertinti kokie branduolio fizikos metodai ir įranga tiktų įvairios sudėties medžiagų ir įvairių efektų tyrimui; tinkamai interpretuoti eksperimentinių tyrimų rezultatus.		

Temos	Kontaktinio darbo valandos							Savarankiškų studijų laikas ir užduotys	
	Paskaitos	Konsultacijos	Seminarai	Pratybos	Laboratoriniai darbai	Praktika	Visas kontaktinis darbas	Savarankiškas darbas	Užduotys
1. Neutrono sukeltų branduolinių reakcijų skerspjūvio apskaičiavimas remiantis geometrinio artiniu, jo modifikavimas atsižvelgiant į neutrono koordinatės neapibrėžtumą ir į viršbarjerinio atspindžio reiškinį. Dėsnių $\sigma \sim 1/v$ išvedimas. Neutronų lėtinimas.	1							1	Skaityti literatūrą paskaitos tema.
2. Neutronų ciklas šiluminių neutronų reaktoriuje. Neutronų daugėjimo faktorius. Momentinių ir vėluojančiųjų neutronų sąvokos. Neutronų skaičiaus priklausomybė nuo laiko branduoliniame reaktoriuje. Momentinės krizinės veikos sąvoka.	2							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
3. Branduolių sintezės apibrėžtis, būtinoji sąlyga, kad branduolių sintezės metu išsiskirtų šiluma. Sintezės reakcijos skerspjūvio priklausomybė nuo reaguojančių branduolių greičio. Reakcijos spartos išraiška. Lousono kriterijus.	1							1	Skaityti literatūrą paskaitos tema
4. Jonizuojančiosios spinduliuotės biologinio poveikio mechanizmas. Sugertoji dozė, ilginė energijos perdava, santykinis biologinis efektyvumas, lygiavertė dozė, efektinė dozė. Ląstelių pažaidos modeliavimas naudojant atsitiktinių įvykių statistikos dėsnius. Pažaidą modifikuojantys veiksniai (ląstelių ciklo fazė, deguonies efektas).	2							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
5. Jonizuojančiosios spinduliuotės detektorių bendrosios savybės: supaprastintas detektoriaus modelis, detektoriaus impulsinės veikos sąvoka ir supaprastinta ekvivalentinė schema, detektoriaus srovės ir įtampos impulsai, jų sąryšis, įtampos impulso priekinio fronto ir impulso amplitudės išraiškos didelės RC konstantos atveju.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
6. Detektoriaus impulsų amplitudžių spektro ir energinės skyros sąvokos: detektoriaus impulsų amplitudžių spektro apibrėžtis, detektoriaus atsako funkcijos ir energinės skyros apibrėžtis, dėl jonizuojančiosios spinduliuotės atsiradusių laisvųjų krūvininkų skaičiaus fliktuacijų įtaka energinei skyrui (ribinės energinės skyros išraiškos išvedimas).	2							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
7. Gama spektrometro ir gama spinduliuotės spektro apibrėžtis, gama spinduliuotės sąveikos su medžiaga vyksmai, dėl kurių atsiranda antriniai elektronai, kiekvieno iš tų vyksmų įtaka gama spinduliuotės detektoriaus atsako funkcijai, įvairių matmenų gama spinduliuotės detektorių atsako funkcijos pavidalas. Sutapčių metodai gama spektrometrijoje.	2							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
8. Puslaidininkiniai detektoriai: veikimo principas, energijos juostų sąvoka, elektronų ir skylių sąvokos, krūvininkų atsiradimo ir išnykimo veikiant jonizuojančiajai spinduliuotei dinamika. pn sandūros panaudojimas puslaidininkiniame detektoriuje.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema

9. Blyksimieji detektoriai: veikimo principas, pranašumai ir trūkumai lyginant su puslaidininkiniais detektoriais, sandara, blyksnio atsiradimo neorganiniame scintiliatoriuje fizikinis mechanizmas. Veiksniai, kurie sąlygoja palyginti didelę energijos matavimo paklaidą, kai yra naudojami blyksimieji detektoriai.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
10. Jonizacijos kameros impulsinė veika: Jonizacijos kameros apibrėžtis, krūvininkų dreifo srovės impulso bendroji išraiška, įtampos impulso pavidalas. „Didelės“, „tarpinės“ ir „mažos“ RC laiko konstantos atvejai.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
11. Proporcingieji skaitikliai: smūginės jonizacijos ir elektronų griūties sąvokos, skaitiklio sandara, dujinio stiprinimo koeficiento apibrėžimas, Taunsendo lygtis ir iš jos išplaukianti dujinio stiprinimo koeficiento išraiška. Cilindrinio dujinio skaitiklio privalumai lyginant su plokščiuoju. Būdingieji dujinių detektorių įtampų intervalai.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
12. Boriniai proporcingieji lėtųjų neutronų detektoriai: branduolinės reakcijos lygtis, detektoriaus skaičiavimo spartos proporcingumas neutronų koncentracijai, detektoriaus sandara, impulsų amplitudžių spektro pavidalas („sienelių efektas“).	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
13. Lėčio trukmės metodas matuojant neutronų energijas: mechaninio greičių selektoriaus sandara, apibendrinta neutronų lėčio trukmės spektrometro, naudojančio impulsinį neutronų šaltinį, schema, branduolio sužadintųjų energijos lygmenų matavimas tokiu spektrometru. Neutronų skaitiklis su neutronų lėtikliu („ilgasis skaitiklis“): šio skaitiklio sandara, veikimo principas ir pagrindinis pranašumas lyginant su kitais skaitikliais.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
14. Protonų atatrakos scintiliatoriai: Pagrindiniai scintiliatoriaus parametrai, kurie lemia greitųjų neutronų spektrometro, veikiančio neutronų tampriosios sklaidos principu, kokybę. Veiksniai, kurie iškraipo protonų atatrakos scintiliatoriaus atsako funkciją.	1							1	Skaityti literatūrą paskaitos tema
15. Čerenkovo spinduliuotės atsiradimo aiškinimas. Dalelės greičio ir Čerenkovo spinduliuotės krypties sąryšis. Čerenkovo detektoriaus apibrėžtis. Reikalavimai Čerenkovo detektoriaus spinduoliui. Elektringosios dalelės slenkstinės energijos išraiška. Gama kvanto slenkstinės energijos išraiška. Čerenkovo detektorių rūšys (su fokusuote ir be jos), detektoriaus su fokusuote schema.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
16. Radioaktyvusis įvykių datavimas: bandinio amžiaus apskaičiavimas, kai pradiniu laiko momentu bandinyje buvo nežinomas kiekis antrinio nuklido. Radiokarboninis metodas.	1							1	Skaityti literatūrą paskaitos tema
17. Neutronų aktyvacinės analizės metodas: metodo esmė, jo privalumai lyginant su cheminės analizės metodais, bandinio aktyvumo priklausomybė nuo laiko aktyvacijos metu, reikalavimai, kuriuos turi atitikti antrinis nuklidas.	1							1	Skaityti literatūrą paskaitos tema
18. Rezerfordo atgalinės sklaidos metodas: atgalinės sklaidos apibrėžtis ir fizikinis mechanizmas, matavimo geometrijos schema, sklaidos	1							1	Skaityti literatūrą paskaitos tema

diferencialinio skerspjūvio išraiška, RAS spektro bendrasis pavidalas ir jo priklausomybė nuo tiriamojo bandinio storio.									
19. Branduolinių reakcijų analizės metodas: matavimo geometrijos schema, rezonansinis ir nerezonansinis metodai.	1							1	Skaityti literatūrą paskaitos tema
20. Dalelių skatintoji rentgeno spinduliuotė: rentgeno spinduliuotės atsiradimo fizikiniai mechanizmai, Mozlio dėsnis, matavimo geometrijos schema, fotono atsiradimo skerspjūvio priklausomybė nuo krintančiojo protono energijos ir nuo tiriamojo bandinio atominio numerio, rentgeno fotonų srauto išraiška tiriamųjų atomų skaičiumi bandinyje.	1							1	Skaityti literatūrą paskaitos tema
21. Uždelstųjų sutapčių metodas ir branduolių skilimo pusamžių matavimas: ilgų skilimo pusamžių ($> 10^{-3}$ s) matavimo metodai, uždelstųjų sutapčių metodo esmė ir įrangos schema, tikrųjų sutapčių atskyrimas nuo atsitiktinių sutapčių, uždelstųjų sutapčių metodo taikymas matuojant trumpus skilimo pusamžius ($< 10^{-3}$ s), laiko intervalų pasiskirstymo pavidalas.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
22. Atomo atatrakos energija kristale ir Mesbauerio reiškiny: atomų virpesių energijos kvantavimas (fononai), gama spinduliuotės spektro pavidalas kai visi atomai virpa vienodu dažniu, befononio vyksmo tikimybės išraiška, Mesbauerio reiškinio apibrėžtis, Mesbauerio spektrometro veikimo principas.	2							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
23. Masės spektrometrai ir izotopų atskyrimo metodai: masės spektrometro sandara, veikimo principo aiškinimas, trajektorijos spindulio, magnetinės indukcijos ir elektrinio lauko stiprio sąryšis, masių dubletų metodo esmė, lazerinio izotopų atskyrimo metodas.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
24. Magnetiniai spektrometrai: magnetinio spektrometro sandara, veikimo principo aiškinimas, energinės skyros išraiška, fokusavimo efekto spektrometre su pusiau apskrita fokusuote analizė.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
25. Branduolinis magnetinis rezonansas: branduolio energijos lygmens skilimas esant magnetiniam laukui, Larmoro precesijos sąvoka, branduolinio magnetinio rezonanso signalo formavimas, cheminio poslinkio apibrėžtis ir fizikinės priežastys, sukininio ryšio aiškinimas.	1							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
26. Rentgeno ir žymėtųjų atomų kompiuterinė tomografija. Kompiuterinės tomografijos sąvoka (linijinio integralo apibrėžtis). Rentgeno kompiuterinės tomografijos metodo esmė ir matavimo schema. Vieno fotono emisijos kompiuterinė tomografija ir pozitrono emisijos kompiuterinė tomografija. Įrangos schema. Reikalavimai, kuriuos turi atitikti abiejų šių metodų radioaktyviosios medžiagos, metodų palyginimas (privalumai ir trūkumai). Branduolinio magnetinio rezonanso tomografija.	2							2	Skaityti literatūrą paskaitos tema
Atliekami 6 laboratoriniai darbai: 1. Rentgeno spinduliuotės dozimetrija. 2. Alfa dalelių energijos nuostolių ore tyrimas. 3. Atmosferos užterštumo radijo nuklidais ir medžiagų tūrinio radioaktyviojo užterštumo tyrimas. 4. Blyksimojo detektoriaus tyrimas ir gama					32			32	Skaityti laboratorinio darbo metodikos aprašą ir literatūrą laboratorinio darbo tema. Pagal pateiktus reikalavimus parengti

spinduliuotės spektro matavimas. 5. Radioaktyviosios pusiausvyros tyrimas ir nuklido ^{137m}Ba gyvavimo trukmės matavimas. 6. Beta dalelių energijos spektro matavimas magnetiniu spektrometru.									darbo aprašą.
Iš viso	32				32		64	76	

Vertinimo strategija	Svoris proc.	Atsiskaitymo laikas	Vertinimo kriterijai
Laboratoriniai darbai (L)	25	2-16 semestro savaitės	Atliktas laboratorinis darbas, tačiau yra klaidų matuojant ir analizuojant matavimo duomenis, netvarkingai apiformintas aprašas, neatsakyta į klausimus - 5 (silpnai) Atliktas laboratorinis darbas, tiksliai įvykdytos instrukcijos matavimo metu, tačiau yra klaidų analizuojant matavimo duomenis, netvarkingai apiformintas aprašas, neatsakyta į klausimus - 6 (patenkinamai) Atliktas laboratorinis darbas, nėra klaidų matuojant ir analizuojant matavimo duomenis, sutvarkytas aprašas, tačiau neatsakyta į klausimus - 7 (vidutiniškai) Atliktas laboratorinis darbas, nėra klaidų matuojant ir analizuojant matavimo duomenis, sutvarkytas aprašas ir atsakyta 1 klausimas - 8 (gerai) Atliktas laboratorinis darbas, nėra klaidų matuojant ir analizuojant matavimo duomenis, sutvarkytas aprašas ir atsakyti 2 klausimai - 9 (labai gerai) Atliktas laboratorinis darbas, nėra klaidų matuojant ir analizuojant matavimo duomenis, sutvarkytas aprašas ir atsakyti 3 klausimai - 10 (puikiai)
Galutinis vertinimas	75	Egzaminų sesija	Dešimtbalė kaupiamoji vertinimo schema. Galutinis pažymys lygus 0,75 E + 0,25 L, kur „E“ yra pažymys už atsakymą raštu į du egzamino klausimus, o „L“ yra laboratorinių darbų pažymių vidurkis.

Autorius	Leidimo metai	Pavadinimas	Periodinio leidinio Nr. ar leidinio tomas	Leidimo vieta ir leidykla ar internetinė nuoroda
Privaloma literatūra				
A. Poškus	2015	Taikomosios branduolio fizikos paskaitų konspektai	VU, Vilnius	http://web.vu.lt/ff/a.poskus/tbf-paskaitu-konspektai/
Papildoma literatūra				
J. Lilley	2001	Nuclear Physics: Principles and Applications	New York: John Wiley & Sons	
K. S. Krane	1988	Introductory Nuclear Physics	New York: John Wiley & Sons	
G. F. Knoll	2000	Radiation Detection and Measurement. 3rd Edition.	New York: John Wiley & Sons	