

Табела 5.1 Спецификација предмета на студијском програму докторских студија

Назив предмета: Теоријска нуклеарна физика		
Наставник или наставници: др Магдалена Ђорђевић, др Бојана Благојевић (за вежбе), др Паси Хоувинен (за ДОН)		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ:		
Услов: Физика елементарних честица или Теорија елементарних честица		
Циљ предмета Упознавање студената са основама модерне нуклерне физике, конкретно теоријским моделима који проучавају ново стање материје које настаје при сударима тешких језгара на веома високим енергијама. Ово ново стање материје се назива кварк-глуонска плазма (КГП), за које квантна хромодинамика предвиђа да се састоји од слободних кваркова, антикваркова и глуона који међусобно интерагују. У оквиру општег циља разумевања КГП-а, предмет има следећа три конкретна циља: i) Разумевање општих величина које квантификују КГП и релативистичке сударе тешких јона. ii) Разумевање софт процеса у КГП-у, односно модела који описују глобално понашање ниско-енергијских честица у КГП, iii) Разумевање хард процеса у КГП, односно процеса у којем учествују ретке високо-енергијске честице које се формирају у плазми, а чији енергијски губици у КГП су важна опсервабла помоћу које се испитују особине КГП-а.		
Исход предмета Студенти разумеју процес настајања КГП-а, као и основне величине које описују различите фазе у еволуцији овог стања материје, конкретно почетног стања, термализације, ширења и хлађења, хадронизације. Студенти су усвојили основе моделовања софт процеса у КГП-у, конкретно елементе релативистичке кинетичке теорије и релативистичке термодинамике. Студенти такође разумеју и основе хард процеса у КГП, односно основне методе пертурбативне хромодинамике и квантне теорије поља на коначним температурама, који се користе за прорачун губитака енергије кваркова у КГП-у. Студенти су повезали стечено знање са ранијим знањем које су стекли из квантне теорије поља, физике елементарних честица, релативистичке физике, динамике флуида и статистичке физике. У том смислу тематика предмета је помогла студентима да на примерима савременог истраживања из нуклеарне физике, интегришу низ знања које су раније стекли из различитих области физике.		
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Увод: судари тешких језгара на високим енергијама, нуклеарна материја на екстремно високим енергијама и температурама; Основне величине: кинематичке варијабле, раван судара, централност судара, елеиптички ток; Глауберов модел: Зависност продукције честица од енергије, профили густине и попречни пресек судара; Фазе у настајању и еволуцији КГП-а: продукција честица, термализација, ширење КГП-а, хадронизација; Једначина стања кварк-глуонске плазме и примена QCD прорачуна на решетци ("lattice" QCD). Релативистичка кинетичка теорија: тензор енергије-момента, струје честица и ентропије, унутрашњи степени слободе, брзина тока, системи са и без судара. Релативистичка хидродинамика: Ојлерове једначине у картезијанским и цилиндричним координатама, апроксимација иделаног флуида, Бјоркенова експанзија. <i>Практична настава</i> Студенти читају истраживачке радове из новијег истраживања везаног за КГП, затим те радове дискутују са наставницима и сарадницима на предмету, из чега на крају припремају презентације које усмено излажу.		
Препоручена литература		
<ul style="list-style-type: none"> • Florkowski, W. (2010). Phenomenology of ultra-relativistic heavy-ion collisions. World Scientific Publishing Company. • Kapusta, Joseph, Berndt Müller, and Johann Rafelski. Quark-gluon plasma: theoretical foundations: an annotated reprint collection. Gulf Professional Publishing, 2003. • Изабрани истраживачки радови 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава:	Практична настава:
Методe извођења наставe Предавања, самостални рад студената кроз читање истраживачких радова, дискусија прочитаних радова, припрема и презентација семинара		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинари: 40; Усмени испит: 60		
Начин провере знања могу бити различити : (писмени испити, усмени испит, презентација пројекта, семинари итд.....		
*максимална дужна 1 страница А4 формата		

Table 5.1 Specification of subjects in the doctoral studies study program

Name of the subject: Theoretical nuclear physics		
Teacher(s): dr Magdalena Djordjevic; dr Bojana Blagojevic (examples/practices); dr Pasi Huovinen (additional)		
Status of the subject: elective		
Number of ECIB points:		
Condition: Basic course in particle physics		
Goal of the subject The course aims to provide the basics of modern nuclear physics, in particular theoretical models that study the new state of matter created in ultrarelativistic heavy-ion collisions. This new state of matter is called Quark-Gluon Plasma (QGP) and is predicted by QCD to exist at extremely high energy densities. QGP consists of interacting quarks, antiquarks and gluons, which are no longer confined. The course aims to provide an understanding of: i) basic parameters that quantify QGP and ultrarelativistic heavy-ion collisions; ii) soft processes in QGP, i.e., models that describe low momentum (bulk) QGP constituents; iii) hard processes in QGP, i.e., processes that involve rare, high-momentum, particles formed in QGP, where energy loss of such rare particles presents an important observable to explore the properties and interactions in QGP.		
Outcome of the subject The students will understand the process of QGP creation, as well as the basic variables that describe different phases in the evolution of this form of matter, in particular: initial stages, thermalization, expansion and cooling, hadronization. Students will understand the basics of modeling the soft processes in QGP, in particular the basics of relativistic kinetic theory and relativistic thermodynamics. Students will also understand the basics of hard processes and energy loss in QGP, i.e., the basics of perturbative chromodynamics and finite temperature quantum field theory. Students will connect this knowledge with the previous knowledge gained from quantum field theory, elementary particle physics, fluid dynamics and statistical physics.		
Content of the subject <i>Theoretical lectures</i> Introduction: relativistic heavy-ion collisions, nuclear matter at extremely large energy densities. Basic parameters: kinematic variables, reaction plane, collision centrality, collective flow. Glauber model. Phases in the QGP evolution: particle production, thermalization, expansion and cooling, hadronization. QGP equation of state and lattice QCD. Relativistic kinetic theory: energy-momentum tensor, particle current, internal degrees of freedom, flow velocity, systems with and without collisions. Relativistic hydrodynamics: Euler equation and conservation laws, ideal fluid approximation. Bjorken expansion. <i>Practical lectures</i> Students read recent, QGP-related, research papers, then discuss these papers with teachers/associates, and consequently prepare seminars and oral presentations.		
Recommended literature Florkowski, W. (2010). Phenomenology of ultra-relativistic heavy-ion collisions. World Scientific Publishing Company. Kapusta, Joseph, Berndt Müller, and Johann Rafelski. Quark-gluon plasma: theoretical foundations: an annotated reprint collection. Gulf Professional Publishing, 2003. Selected research papers		
Number of active classes	Theory: 2	Practice: 3
Methods of delivering lectures Lectures, independent work of students through reading research papers, discussion of papers, preparation and presentation of seminars.		
Evaluation of knowledge (maximum number of points 100) Seminars: 40; Oral exams: 60		
Ways of testing the knowledge may vary: (written tests, oral exam, project presentation, seminars ets.....		
*maximum length 1 A4 page		