



Утвърдил: .....

Декан

Дата .....

## СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ"

Факултет: Физически

Специалност: (код и наименование)

--	--	--	--	--	--	--	--	--

**В С И Ч К И С П Е Ц И А Л Н О С Т И**

### УЧЕБНА ПРОГРАМА

Дисциплина: 

--	--	--	--

*МЕТРОЛОГИЯ НА ЙОНИЗИРАЩИТЕ ЛЪЧЕНИЯ*

**Преподавател: доц. д-р Красимир Митев**

Асистент: преподавател от катедра „Атомна физика”

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	30
	Семинарни упражнения	0
	Практически упражнения (хоспитиране)	30
<b>Обща аудиторна заетост</b>		<b>60</b>
Извънаудиторна заетост	Доклад/Презентация	10
	Домашни работи	25
	Подготовка за практически занятия	40
	Самостоятелна работа в библиотека или с ресурси	45
<b>Обща извънаудиторна заетост</b>		<b>120</b>
<b>ОБЩА ЗАЕТОСТ</b>		<b>180</b>
Кредити аудиторна заетост		2
Кредити извънаудиторна заетост		4
<b>ОБЩО ЕКСТ</b>		<b>6,0</b>

№	Формиране на оценката по дисциплината <sup>1</sup>	% от оценката
1.	Представяне на доклад/презентация	5
2.	Представяне на задачите за домашна (самостоятелна) работа	10
3.	Представяне на практическите упражнения и качество на изготвените протоколи	35
4.	Изпит	50

#### **Анотация на учебната дисциплина:**

Целта на курса е да запознае студентите с принципите на метрологията на йонизиращите лъчения. В рамките на курса се разглеждат методи за реализиране на първични и вторични еталони, теорията и практиката на методите за абсолютно измерване на дозиметрични величини и активност на източници на йонизиращи лъчения и методи за практическо измерване на активности. Специален акцент се поставя върху проблемите на оценка на неопределеността на измерването и осигуряването на проследимост до първичен или вторичен стандарт. Разглеждат се особеностите на взаимодействията на различните видове йонизиращи лъчения с веществото, детекторите, използвани за тяхната регистрация и интерпретацията на експерименталните резултати. В практическите упражнения се акцентира върху детайлите на метрологичното осигуряване на измерванията.

#### **Предварителни изисквания:**

Материалът изисква основни познания по математика, обща и теоретична физика. Изискват се също задълбочени познания по атомна и ядрена физика, взаимодействие на йонизиращите с веществото, детектори на йонизиращи лъчения и техния принцип на действие и свойства, дозиметрия и лъчезащита. Тези знания са получени от студентите в по-ранни курсове.

#### **Очаквани резултати:**

Студентите да са запознати с принципите на метрологията на йонизиращите лъчения. Да притежават знания и практически умения за оценка на неопределеностите при измервания на йонизиращите лъчения. Да познават методите за реализиране на първични еталони за активност на някои радионуклиди, както и методите за реализиране на първични еталони за мощност на кермата във въздух. Да са запознати с особеностите на метрологичното осигуряване при измервания на повърхностни замърсявания с алфа- и бета- радиоактивни нуклиди. Да умеят да калибрират и провеждат измервания с течно-сцинтилационен спектрометър и др.

### *Учебно съдържание - лекции*

№	Тема:	Хорариум
1.	Принципи на научния метод. Цел и задачи на метрологията на йонизиращите лъчения (МЙЛ). Организация на метрологията на йонизиращите лъчения. Класификация на измерванията и методите за измерване. Първични и вторични еталони. Понятие за проследимост на измерванията и верига на проследимост.	2
2.	Понятие за неопределеност. Видове неопределености и тяхната класификация. Тип А и тип Б оценка на неопределеността. Разпространение на неопределеностите - оценка на комбинираната неопределеност при независими и зависими случайни величини.	2
3.	Статистически разпределения, които се използват често в МЙЛ. Модел на Хершел за грешките. Доверителни интервали. Докладване на неопределеността – разширена неопределеност и бюджет на неопределеностите. Коефициенти на чувствителност.	2

<sup>1</sup> В зависимост от спецификата на учебната дисциплина и изискванията на преподавателя е възможно да се добавят необходимите форми, или да се премахнат ненужните.

4.	Обработка на резултати при неравноточни измервания. Средно с тегла. Вътрешна и външна неопределеност.	2
5.	Взаимодействия на лъченията с веществото. Взаимодействие на заредени частици, рентгенови и гама-кванти с веществото.	2
6.	Принцип на действие и особености на йонизационни камери, пропорционални броячи, сцинтилационни и германиеви детектори. Приложение в метрологията на йонизиращите лъчения.	2
7.	Метод на бета-гама съвпаденията за абсолютно измерване на активност. Принципи, особености и приложение.	2
8.	Абсолютно измерване на активност на $^{222}\text{Rn}$ по метода на фиксирания телесен ъгъл. Принципи. Коригиращи коефициенти. Корекция за разпадане по време на измерване.	2
9.	Абсолютно измерване на активността на бета-радиоактивни благородни газове. Принципи. Коригиращи коефициенти.	2
10.	Прецизно измерване на активността на $^{133}\text{Xe}$ с планарен германиев детектор.	1
11.	Величини, описващи взаимодействието йонизиращо лъчение - среда (пренос на частици, енергиен пренос, масови коефициенти на предаване и поглъщане на енергията, масова спираща способност, и др.). Връзки доза - керма, доза - пренос (на частици/енергия) и др. Понятие за равновесие на вторичните заредени частици. Поведение на дозата и кермата, създавани от фотонно лъчение, на границата на две среди.	2
12.	Абсолютно измерване на мощност на кермата във въздух със свободновъздушна йонизационна камера. Принципи. Коригиращи коефициенти.	2
13.	Теория на кухинните камери за големи детектори. Теория на Бряг и Грей. Модификации на Спенсър-Атикс. Абсолютно измерване на мощност на кермата във въздух с кухинни йонизационни камери. Принципи. Коригиращи коефициенти.	2
14.	Метрологично осигуряване на средства за измерване на фотонни лъчения и индивидуални дозиметри. Гама- линии – особености и приложение.	1
15.	Принцип на течно-сцинтилационната спектрометрия. Метрологично осигуряване. Калибриране на течно-сцинтилационен спектрометър.	1
16.	Контрол на повърхностни замърсявания. Калибриране на преносим радиометър за измерване на повърхностни замърсявания с алфа- и бета- радиоактивни нуклиди.	1
17.	Създаване на референтни обемни активности на $^{222}\text{Rn}$ . Измерване на $^{222}\text{Rn}$ с референтни радонови монитори.	1
18.	Дискусия със студентите върху предадения материал	1

### *Учебно съдържание – лабораторен практикум*

<b>№</b>	<b>Тема:</b>	<b>Хорариум</b>
1.	Калибриране на течно-сцинтилационен спектрометър RackBeta Spectral 1912 за измерване на активност на $^{55}\text{Fe}$ , $^{63}\text{Ni}$ , $^{241}\text{Pu}$ и $^{222}\text{Rn}$ . Оценка на ефективности и неопределености.	5
2.	Калибриране на преносим радиометър за измерване на повърхностни замърсявания с алфа- и бета- излъчващи нуклиди MICROCONT II . Оценка на ефективности и неопределености.	5
3.	Създаване на референтни обемни активности на $^{222}\text{Rn}$ с референтен радонов монитор RAD 7. Методи за калибриране на детектори за кумулативни измервания на $^{222}\text{Rn}$ .	5

4.	Обработка и анализ на твърдотелни трекови детектори на следи. Приложение за кумулативни измервания на радон	10
5.	Измерване на активността на радиоактивен източник с полупроводников детектор от свръхчист германий.	5

### *Конспект за изпит*

№	Въпрос
1.	Принципи на научния метод. Цел и задачи на метрологията на йонизиращите лъчения (МЙЛ). Класификация на измерванията и методите за измерване. Първични и вторични еталони. Понятие за проследимост на измерванията и верига на проследимост.
2.	Понятие за неопределеност. Тип А и тип Б оценка на неопределеността. Разпространение на неопределеностите - оценка на комбинираната неопределеност при независими и зависими случайни величини.
3.	Статистически разпределения, които се използват често в МЙЛ. Модел на Хершел за грешките. Доверителни интервали. Докладване на неопределеността – разширена неопределеност и бюджет на неопределеностите. Коефициенти на чувствителност.
4.	Обработка на резултати при неравноточни измервания. Средно с тегла. Вътрешна и външна неопределеност.
5.	Взаимодействия на лъченията с веществото. Взаимодействие на заредени частици, рентгенови и гама-кванти с веществото.
6.	Принцип на действие и особености на йонизационни камери, пропорционални броячи, сцинтилационни и германиеви детектори. Приложение в метрологията на йонизиращите лъчения.
7.	Метод на бета-гама съвпаденията за абсолютно измерване на активност. Принципи, особености и приложение.
8.	Абсолютно измерване на активност на $^{222}\text{Rn}$ по метода на фиксирания телесен ъгъл. Принципи. Коригиращи коефициенти. Корекция за разпадане по време на измерване.
9.	Абсолютно измерване на активността на бета-радиоактивни благородни газове. Принципи. Коригиращи коефициенти.
10.	Прецизно измерване на активността на $^{133}\text{Xe}$ с планарен германиев детектор.
11.	Величини, описващи взаимодействието йонизиращо лъчение - среда (пренос на частици, енергиен пренос, масови коефициенти на предаване и поглъщане на енергията, масова спираща способност, и др.). Връзки доза-керма, доза- пренос (на частици/енергия) и др. Понятие за равновесие на вторичните заредени частици. Поведение на дозата и кермата, създавани от фотонно лъчение, на границата на две среди.
12.	Абсолютно измерване на мощност на кермата във въздух със свободновъздушна йонизационна камера. Принципи. Коригиращи коефициенти.
13.	Теория на кухинните камери за големи детектори. Теория на Бряг и Грей. Модификации на Спенсър-Атикс. Абсолютно измерване на мощност на кермата във въздух с кухинни йонизационни камери. Принципи. Коригиращи коефициенти.
14.	Метрологично осигуряване на средства за измерване на фотонни лъчения и индивидуални дозиметри. Гама- линии – особености и приложение.
15.	Принцип на течно-сцинтилационната спектрометрия. Метрологично осигуряване. Калибриране на течно-сцинтилационен спектрометър.
16.	Контрол на повърхностни замърсявания. Калибриране на преносим радиометър за измерване на повърхностни замърсявания с алфа- и бета- радиоактивни нуклиди.
17.	Създаване на референтни обемни активности на $^{222}\text{Rn}$ . Измерване на $^{222}\text{Rn}$ с референтни радонови монитори.

## **Библиография**

### **Основна:**

1. К. Митев, Т. Бошкова, Р. Segur, J. Varthe, “Измервания, свързани с йонизиращи лъчения”, Глава 13 към Том 3 на “Метрология и измервателна техника” книга-справочник в три тома, под общата редакция на проф. д.т.н. Христо Радев, София, издателство Софттрейд, 2012, стр. 485-678, ISBN: 978-954-334-094-1. Книгата е достъпна в библиотеката на ФзФ.
2. Л. Цанков, Вероятности и физическа статистика (записки по лекции. Л. Цанков). Записките са достъпни на адрес: <http://ntne.phys.uni-sofia.bg/BG/index.htm>
3. Б. Манушев. Практическа метрология на ядрените лъчения, Тита-консулт ООД, София, 2001г.
4. NCRP Report No. 58. A Handbook of Radioactivity Measurements Procedures, Second edition.

### **Допълнителна:**

1. G. F. Knoll. Radiation Detection and Measurement, Second edition, John Wiley & Sons, New York, 1989.
2. И. Манджуков, Експериментална ядрена физика, записки на лекции.
3. Избрани научни статии и материали в Wikipedia – по препоръка на преподавателя.

**Дата:**  
Февруари, 2013

**Съставил:**  
/доц. д-р Кр. Митев/