

**Утвърждавам:**  
**Декан ФзФ**  
**(проф. дфзи Г. Райновски)**

## **КОНСПЕКТ**

ЗА КАНДИДАТ-ДОКТОРАНТСКИ ИЗПИТ ПО СПЕЦИАЛНОСТТА  
“ФИЗИКА НА ЕЛЕМЕНТАРНИТЕ ЧАСТИЦИ И ВИСОКИТЕ ЕНЕРГИИ”  
2022

- 1. Основи на кинематиката на елементарните частици.** Пространство на Минковски, преобразования на Лоренц, релативистки и динамични инварианти, ефективна маса. Основни типове експерименти, лабораторна система, система на центъра на масите. Преходи между различни отправни системи и трансформации на различните величини. Естествена система мерни единици:  $\hbar = c = 1$ .
- 2. Основни свойства на елементарните частици.** Пространствени и вътрешни квантови числа. Лептони и адрони, мезони и бариони, фундаментални частици, поколения. Ширина и време на живот на нестабилните частици: средно време на живот, резонанси, разпределение на Брайт-Вигнер.
- 3. Матричен елемент за преход.** Фазов обем, вероятност за разпад и сечение за взаимодействие.
- 4. Симетрии, инвариантност и закони за запазване.** Понятие за преобразувания на симетрия, пространствени и вътрешни симетрии, глобални и локални симетрии. Теорема на Ньотер и динамични инварианти. Група на Пуанкаре, Примери – скаларно, векторно и спинорно полета.
- 5. Дискретни пространствени симетрии.** Пространствени отражения, обръщане на времето, зарядово спрягане. Запазващи се величини. СРТ-теорема.
- 6. Кварк-партонен модел.** Лептон-нуклонно разсейване. Еластично разсейване и формфактори, дълбоко-нееластично разсейване и структурни функции. Партонен модел, скейлинг.
- 7. Кварков модел.**  $SU(3)$  – класификация на адроните, кварки. Формула на Гел-Ман – Нишиджима,  $s, b, t$  – кварки,  $SU(6)$ .
- 8. Квантовото число цвят.** Безцветност на адроните, конфайнмънт. Експериментални указания за съществуването на цвят:  $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ ,  $e^+e^-$  - аниhilация, адронни струи.

- 9. Източници на високоенергетични частици.** Космически лъчи. Ускорители. Линејни ускорители. Циклотрон, синхроциклотрон, синхрофазотрон. Ускорители с насрежни снопове. Светимост. Ускорителни комплекси.
- 10. Процеси на взаимодействие на високо енергетични частици с веществото.** Регистрација на заредени частици: йонизација и возбуждање, ефект на Черенков, преходно излъчување.
- 11. Процеси на взаимодействие на високо енергетични електрони, позитрони и гама-кванти с веществото.** Спирачно лъчение и раждане на двойка електрон-позитрон. Радиациона дължина. Електромагнитни каскади
- 12. Детектори на елементарни частици.** Типове и основни характеристики. Трекови детектори – многонишкова пропорционална камера, дрејфови камери, време-проекционни камери, полупроводникови детектори.
- 13. Сцинтилационни и Черенковски броячи.** Прагови и диференциални Черенковски броячи, RICH-технология. Сцинтилационни броячи: видове сцинтилатори, сцинтилационни влакна, многоканални детектори. Фотодетектори.
- 14. Измерване на енергијата и импулса на частиците.** Електромагнитни и адронни калориметри. Измерване на импулса на заредени частици в магнитно поле.
- 15. Детекторни комплекси.** Пример за комплекс, работец на некој од ускорителите SPS, Fermilab, RHIC, LHC (по избор)
- 16. Фундаментални взаимодействия и частици.** Основни типове взаимодействия. Локална калибровъчна инвариантност, калибровъчни бозони. Електромагнитно поле. Неабелева калибровъчна инвариантност.
- 17. Силно взаимодействие.**  $SU_c(3)$  – локална инвариантност, глюони. Квантова хромодинамика (КХД). Бягаща константа на взаимодействието, асимптотическа слобода. Пертурбативна КХД.
- 18. Слабо взаимодействие.** Лептонни и кваркови токове. V-A модел. Експериментални потвѐрждения. GIM механизъм. Смесвање на кварките, матрица на Кабибо - Кобаяши – Маскава
- 19. Обединение на електромагнитното и слабото взаимодействие.** Модел на Уайнбѐрг–Глешоу–Салам. Спонтанно нарушениe на симетријата. Механизъм на Хигс.  $W^\pm$ - и  $Z^0$ - бозони, Хигс-бозон. Маси на частиците.

**20.Нарушаване на CP инвариантността в слаби процеси.** Смесване на неутрални каони и осцилации на странността. Пряко и непряко нарушение на CP инвариантността в разпади на неутрални каони и B-мезони. Електро-диполен момент на неутрона.

**21. Взаимодействия и маси на неутрината.** Заредени и неутрални токове. Осцилации на неутрината и производни процеси. Експериментални потвърждения.

**22. Велико обединение.** Бягаща константа на взаимодействието. SU(5) модел. Лепто-кварки. Разпадане на протона.

**23. Суперсиметрия.** Основи на суперсиметрията. Обединение на пространствени и вътрешни симетрии. Минимално суперсиметрично разширение на Стандартния Модел.

## Литература:

1. *D. Perkins*, Introduction to High Energy Physics, 4th edition, Cambridge University Press, 2000.
2. *Л.Б. Окунь*, Лептони и кварки. – Москва: Наука, 1990.
3. *Fayyazuddin, Riazuddin*, A Modern Introduction to Particle Physics, World Scientific, 2000
4. *F. Halzen, A. Martin*, Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics, John Wiley&Sons, 1984 (Превод на руски: *Ф. Хелзен, А.Мартин*, Кварки и лептони, изд. “Мир”, Москва, 1987).
5. *A. Bettini*, Introduction to Elementary Particle Physics, Cambridge University Press, 2008.
6. *E. M. Henley, A. Garcia*, Subatomic Physics, 3<sup>rd</sup> edition, Marston Book Services Ltd., 2007
7. *L. Ryder*, Elementary Particles and Symmetries, Gordon and Breach Science Publishers, 1984
8. *E. Byckling, K. Kajantie*, Particle Kinematics, John Willey&Sons, 1973 (Превод на руски: *Е. Бюклинг, К. Каянти*. Кинематика элементарных частиц – Москва: Мир, 1975).
9. *K. Kleinknecht*, Detectors for Particle Radiation, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge Univ. Press, 1999 (Превод на руски на първото издание: *К. Клайнкнехт*, Детекторы корпускулярных излучений, изд. “Мир”, Москва, 1990 г.).
10. Data analysis techniques for high-energy physics experiments, 2<sup>nd</sup> edition, ed. *M. Regler*, Cambridge Univ. Press, 2000, (Превод на руски на първото издание: Методи анализа данных в физическом эксперименте. *под ред. М. Реглера*, – М.: Мир, 1993).
11. *Д. Динев*, Ускорители на частици, Акад. изд. “Марин Дринов”, София, 2006 г.

12. У. Уилямс, Физика на ядрото и елементарните частици, Унив. изд. “Св. Кл. Охридски”, 2000 г.
13. Л. Литов, Записки на лекции по” Физика на елементарните частици”, СУ, 2007. <http://atomic.phys.uni-sofia.bg/elektronna-biblioteka/lectures/uchebnik.pdf>
14. A. Pich, The Standard model of electroweak interactions, Lectures given at European School of High-Energy Physics, Sant Feliu de Guixols, Barcelona, Spain, 30 May - 12 Jun 2005, 47 p., e-Print Archive: **hep-ph/0502010**
15. A. Pich, Aspects of quantum chromodynamics, Lectures given at ICTP Summer School in Particle Physics, Trieste, Italy, 7 Jun - 9 Jul 1999, 50 p., e-Print Archive: **hep-ph/0001118**

Ръководител на катедра

„Атомна физика”с присъединена катедра

„Ядрена техника и ядрена енергетика“:

/доц. д-р Кр. Митев/