

Утвърждавам:
Декан ФзФ
(проф. дфзн Г. Райновски)

КОНСПЕКТ

ЗА КАНДИДАТ-ДОКТОРАНТСКИ ИЗПИТ
ПО ПРОФЕСИОНАЛНО НАПРАВЛЕНИЕ 4.1. ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ,
СПЕЦИАЛНОСТ „ФИЗИКА НА ЕЛЕМЕНТАРНИТЕ ЧАСТИЦИ И ВИСОКИТЕ ЕНЕРГИИ“

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 – скалярно, 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. Линейни ускорители. Циклотрон, синхроциклотрон, синхрофазотрон. Ускорители с насрещни снопове. Светимост.

Ускорителни комплекси.

10. Процеси на взаимодействие на високо енергетични частици с веществото. Регистрация на заредени частици: йонизация и възбуждане, ефект на Черенков, преходно излъчване.

11. Процеси на взаимодействие на високо енергетични електрони, позитрони и гама-кванти с веществото. Спирачно лъчение и раждане на двойка електрон-позитрон. Радиационна дължина. Електромагнитни каскади

12. Детектори на елементарни частици. Типове и основни характеристики. Трекови детектори – многонишкова пропорционална камера, дрейфови 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 енергията и импулса на частиците. Електромагнитни и адронни калориметри. Измерване на импулса на заредени частици в магнитно поле.

15. Детекторни комплекси. Пример за комплекс, работещ на някой от 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 свобода. Пертурбативна КХД.

18. Слабо взаимодействие. Лептонни и кваркови токове. V-A модел. Експериментални потвърждения. GIM механизъм. Смесване на кварките, матрица на Кабибо - Кобаяши – Маскава

19. Обединение на електромагнитното и слабото взаимодействие. Модел на Уайнбърг–Глешоу–Салам. Спонтанно нарушение на симетрията. Механизъм на Хигс. $W^\pm$ - и Z^0 - бозони, Хигс-бозон. Маса 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. *Fayyazuddin, Riazuddin*, A Modern Introduction to Particle Physics, World Scientific, 2000
3. *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).
4. *A. Bettini*, Introduction to Elementary Particle Physics, Cambridge University Press, 2008.
5. *E. M. Henley, A. Garcia*, Subatomic Physics, 3rd edition, Marston Book Services Ltd., 2007
6. *L. Ryder*, Elementary Particles and Symmetries, Gordon and Breach Science Publishers, 1984
7. *E. Byckling, K. Kajantie*, Particle Kinematics, John Willey&Sons, 1973
8. *K. Kleinknecht*, Detectors for Particle Radiation, 2nd ed., Cambridge Univ. Press, 1999
9. Data analysis techniques for high-energy physics experiments, 2nd edition, *ed. M. Regler*, Cambridge Univ. Press, 2000
10. *Д. Динев*, Ускорители на частици, Акад. изд. "Марин Дринов", София, 2006 г.
11. *У. Уилямс*, Физика на ядрото и елементарните частици, Унив. изд. "Св. Кл. Охридски", 2000 г.
12. *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**
13. *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**