

СЗ44.3/07

М-559



Учебно-
методические
пособия
Учебно-научного
центра ОИЯИ
Дубна

УНЦ-2007-30

И. Н. Мешков, О. П. Ткачева

ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
«ЭЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИКА
ФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК»

Учебное пособие

2007

С 344.3
М-55

Учебно-научный центр ОИЯИ

И. Н. Мешков, О. П. Ткачева

**Программа
государственного экзамена
по специальности
«Электроника и автоматика
физических установок»**

В-20257

Учебное пособие



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
Библиотека
ОИЯИ
Дубна • 2007

Учебное пособие написано профессором базовой кафедры МИРЭА «Электроника физических установок» при УНЦ ОИЯИ И. Н. Мешковым (ОИЯИ) и доцентом О. П. Ткачевой и рекомендовано к изданию экспертной комиссией УНЦ ОИЯИ и редакционно-издательским советом МИРЭА.

Рецензенты: профессор Э. А. Кураев, профессор Е. М. Сыресин

Мешков И. Н., Ткачева О. П.

M55 Программа государственного экзамена по специальности «Электроника и автоматика физических установок»: Учебное пособие. — Дубна: ОИЯИ, 2007. — 12 с.

Пособие предназначено для подготовки к государственному экзамену студентов базовой кафедры МИРЭА при ОИЯИ «Электроника физических установок». Оно содержит вопросы по курсу современной физики, теории и технике ускорителей заряженных частиц, ядерных реакторов, летательных аппаратов, детектирования частиц и излучений и т. д.

Пособие может быть использовано студентами инженерно-физических специальностей при изучении соответствующих разделов физики и техники.

Meshkov I. N., Tkacheva O. P.

Program of the State Examination for the specialty «Electronics and Automatics of Physics Installations»: Textbook. — Dubna: JINR, 2007. — 12 p.

The textbook is addressed to the students of the JINR-based Department of the Electronics for Physics Facilities (Moscow Institute of Radio Engineering, Electronics, and Automatics) preparing for the State Examination. It covers a range of topics of the courses of modern physics, and theory and engineering of elementary particle accelerators, nuclear reactors, particle and radiation detectors, aircraft, etc.

The engineering physics students can use the textbook when studying these subjects.

Введение

Кафедра электроники физических установок, созданная в 1998 г. как базовая кафедра МИРЭА при ОИЯИ, готовит инженеров для ОИЯИ и МКБ «Радуга».

Итоговый междисциплинарный экзамен является проверкой уровня подготовки и усвоения основной образовательной программы естественно-научных, общепрофессиональных и специальных дисциплин Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования направления «Ядерная физика и технологии» по специальности «Электроника и автоматика физических установок».

Программа экзамена содержит три блока вопросов. Вопросы первого блока имеют целью проверку знаний всеми выпускниками кафедры фундаментальных законов физики, квантовой механики, а также понимания современных проблем физики ядра и элементарных частиц и методов их решения.

Выпускники, проходящие специализацию в ОИЯИ, должны показать знания принципов работы, структуры ускорителей заряженных частиц, ядерных реакторов и других крупных физических установок, методов управления этими установками. Необходимо знать закономерности прохождения частиц и излучений через вещество, методы детектирования частиц и излучений, а также методы защиты от них. Все эти вопросы содержатся во втором блоке.

Динамика полета летательных аппаратов, принципы работы и устройство датчиков высоты, скорости, ускорений и других параметров, принципы радиолокации и радиолокационные устройства, особенности бортовых вычислительных систем составляют содержание третьего блока вопросов по специализации в МКБ «Радуга».

Авторы выражают благодарность директору филиала МИРЭА в Дубне, заведующему кафедрой высшей математики и естественно-научных дисциплин М.А. Назаренко за поддержку при составлении пособия.

Авторы благодарны также сотрудникам МКБ «Радуга» В.Ф. Карасеву, В.Г. Матвееву, Д.С. Постникову, Б.Н. Фридману за участие в составлении вопросов по дисциплинам специализации в МКБ «Радуга».

Вопросы к государственному экзамену

1. Общеобразовательные вопросы

1.01. Уравнения движения частицы. Законы сохранения в механике

Уравнения Ньютона, сила, работа и мощность силы. Импульс частицы. Кинетическая энергия. Связь между силой и потенциальной энергией. Закон сохранения энергии и импульса. Момент импульса.

1.02. Принцип относительности в механике. Преобразования Лоренца для координат - времени, энергии - импульса

Принцип относительности Эйнштейна. Преобразования Лоренца для координат и времени. Сокращение длин, "эффект близнецов". Сложение скоростей. Четырехмерный вектор пространства- времени. Четырехмерный вектор энергии-импульса.

1.03. Колебания. Уравнение линейного осциллятора, основные характеристики линейных колебаний. Понятие о нелинейных колебаниях

Определение колебаний. Упругие силы, разложение силы по координатам. Уравнение линейного осциллятора. Амплитуда, частота и период, фаза, энергия осциллятора. Нелинейная зависимость силы от координат, характеристики нелинейных колебаний. Примеры.

1.04. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме

Обобщение основных законов электромагнетизма в уравнениях Максвелла. Электромагнитное поле, ортогональность векторов E и H . Электромагнитные волны, скорость волны. Распространение волн в веществе, векторы D и B .

1.05. Принцип относительности в электродинамике. Преобразования Лоренца для электромагнитного поля

Формулировка принципа относительности. Преобразования Лоренца для электромагнитного поля $E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z$. Поперечные и продольные компоненты. Частные случаи: $H=0, E'=0$. Инварианты.

1.06. Геометрическая оптика и ее законы

Приближение геометрической оптики для электромагнитных волн. Принцип Ферма. Законы прямолинейного распространения света, независимости световых пучков, отражения и преломления. Простейшие оптические системы.

1.07. Интерференция, дифракция электромагнитных волн. Когерентность

Определение интерференции. Цуг волн. Разность хода. Условия максимума и минимума интенсивности. Временная когерентность. Протяженный источник, пространственная когерентность. Влияние временной и пространственной когерентности на наблюдения интерференции на примере опыта Юнга. Определение дифракции. Дифракционная решетка. Рентгеноструктурный анализ.

1.08. Дисперсия света в веществе. Распространение электромагнитной волны в веществе

Определение дисперсии. Электронная теория дисперсии. Дисперсия в диэлектриках. Уравнение движения электрона в атоме во внешнем электромагнитном поле. Выражения для диэлектрической проницаемости и показателя преломления в случае нормальной и аномальной дисперсии. Связь дисперсии с поглощением. Дисперсия в металлах и плазме. Выражения диэлектрической проницаемости и показателя преломления при различных соотношениях частоты поля и плазменной частоты.

1.09. Излучение заряженных частиц, движущихся в веществе

Эффект Вавилова-Черенкова. Теоретическое объяснение эффекта Е. Таммом и И. Франком. Применение в физике высоких энергий. Переходное излучение. Теоретическое предсказание переходного излучения В. Гинзбургом и И. Франком на границе раздела сред с разным n . Тормозное излучение. Причины возникновения. Энергетический спектр.

1.10. Сверхпроводимость

Открытие сверхпроводимости Камерлинг-Оннесом. Критическая температура. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. Куперовские пары. Особенности взаимодействия электронов в куперовских парах. Сверхпроводники I и II рода. Низкотемпературные и высокотемпературные

сверхпроводящие соединения, сверхпроводящие магниты в физике высоких энергий.

1.11. Корпускулярно-волновой дуализм в микромире. Экспериментальное подтверждение

Тепловое излучение, гипотеза Планка. Фотоэффект и уравнение Эйнштейна. Тормозное рентгеновское излучение. Эффект Комптона, давление света. Фотоны. Масса, энергия, импульс фотона. Квантовая теория Эйнштейна теплоемкости твердых тел. Фононы.

1.12. Соотношение неопределенностей Гейзенберга

Гипотеза де Бройля. Дифракция частиц. Опыты Дэвисона и Джермера. Опыты Томпсона, Тартаковского и Штерна. Принцип неопределенности. Примеры физических явлений, объясняемых соотношением неопределенностей Гейзенберга.

1.13. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Вероятностный подход в квантовой механике

Описание состояния системы в квантовой теории. "Временное" и стационарное уравнения Шредингера. Гамильтониан. Физический смысл ψ -функции. Взаимосвязь классической и квантовой механики.

1.14. Модель атома. Строение электронной оболочки. Атомарные спектры

Опыт Резерфорда. Модель атома Бора. Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа, энергетические уровни. Квантовые переходы. Атомарные спектры. Сериальная структура спектров.

1.15. Тонкая и сверхтонкая структура спектров атомов. Лэмбовский сдвиг

Спиновый и орбитальный моменты электрона в атоме. Спин-орбитальное взаимодействие. Расщепление уровней. Тонкая структура спектров атомов. Постоянная тонкой структуры. Состояния $2s_{1/2}$ и $2p_{1/2}$. Лэмбовский сдвиг уровней, объяснение в квантовой электродинамике. Взаимодействие полного момента электрона со спином ядра. Сверхтонкая структура.

1.16. Основные характеристики и свойства атомного ядра

Заряд и масса ядра. Дефект массы. Средняя энергия связи нуклона в ядре, зависимость от числа нуклонов. Спин, магнитный момент ядра, квадрупольный электрический момент. Изотопический спин. Ядерные силы, сильное взаимодействие.

1.17. Виды взаимодействия. Фундаментальные взаимодействия в природе. Объединение взаимодействий

Гравитационное, слабое, электромагнитное, сильное взаимодействия. Основные свойства, сравнение относительных величин взаимодействий. Единая теория электромагнитного и слабого взаимодействий.

2. Вопросы по дисциплинам специализации в ОИЯИ

2.01. Радиоактивность. α - и β -распады, γ -излучение

Естественная и искусственная радиоактивность. Период полураспада. Распад ядра с испусканием электрона или позитрона, превращения при β -распаде, примеры. К-захват. Неустойчивость тяжелых ядер относительно α -распада. Примеры α -распадных ядер. Взаимодействия, ответственные за α - и β -распад ядер. Возбужденное состояние ядер. γ -излучение. Распад ядер из возбужденного состояния.

2.02. Радиоактивные превращения ядер. Деление ядер

Краткая характеристика α - и β -распадов. Деление ядер. Примеры. Условия стабильности изотопов. Дорожка стабильности.

2.03. Ядерные модели и ядерные реакции

Капельная модель. Оболочечная модель. Обобщенная модель. Составное ядро, распад составного ядра. Модель прямых ядерных реакций. Фотоядерные реакции.

2.04. Получение сверхтяжелых элементов

Условия стабильности изотопов. Остров стабильности. Методы синтеза сверхтяжелых элементов при взаимодействии ядра-мишени с нейтронами и α -частицами. Конкуренция α - и β -распадов. Синтез в реакциях с ускоренными

тяжелыми ионами. Получение и открытие в Дубне новых сверхтяжелых элементов.

2.05. Основные понятия квантовой хромодинамики. Стандартная модель и современные гипотезы ее развития

Фермионы (лептоны и кварки), калибровочные бозоны. Фермионы как структурные элементы вещества и источники полей. Бозоны-кванты этих полей (но и реальные частицы). Особенность взаимодействия кварков и глюонов. «Цвет» и «аромат» кварков. «Цвет» глюонов. Три поколения кварков. Гипотеза происхождения масс кварков и лептонов. Бозоны Хиггса. Суперсимметрии, понятие о суперпространствах. Астрофизика, гипотеза темной материи и темной энергии.

2.06. Ускорители заряженных частиц. Виды ускорителей.

Циклические ускорители: циклотрон, синхроциклотрон, электронный и протонный синхротроны. Линейные ускорители протонов, линейные ускорители электронов. Ускорители со встречными пучками («коллайдеры»). Фокусировка и устойчивость пучка на орбите. Поперечные и продольные колебания. Светимость ускорителя. Ограничение интенсивности ускорителя.

2.07. Основные характеристики пучков

Заряд и масса частиц пучка, энергия (импульс) частиц, размеры пучка. Трехмерный эмитанс. Нормальный эмитанс.

2.08. Транспортировка пучков заряженных частиц

Методы фокусировки. Элементы и системы управления пучками заряженных частиц. Линзы, объективы. Поворотные системы, кикеры. Устойчивость пучка в канале транспортировки. Поперечные и продольные колебания. Акцептанс канала.

2.09. Прохождение заряженных частиц через вещество

Упругие столкновения частиц. Неупругие атомные столкновения. Ионизационные и радиационные потери. Столкновение атомов и ионов.

2.10. Физические методы регистрации излучений

Газовые ионизационные детекторы. Полупроводниковые, сцинтилляционные и черенковские детекторы. Детекторы на основе переходного излучения. Фотографический и химический (Сl – Ag и др.) методы регистрации излучений. Принципы действия, регистрируемые величины.

2.11. Излучение заряженных частиц

Рентгеновское, синхротронное, черенковское, переходное излучения. Генерация синхротронного излучения. Виглеры и ондуляторы. Лазеры на свободных электронах.

2.12. Дозиметрия

Дозиметрические величины и единицы их измерения. Методы дозиметрии фотонного излучения. Дозиметрия нейтронов, дозиметрия заряженных частиц.

2.13. Основы физики защиты от излучений

Предельно допустимые уровни излучения и допустимые концентрации радионуклидов. Методы защиты от нейтронов и ионизирующего излучения. Защита от протяженных источников.

2.14. Ядерные реакторы

Ядерные реакции деления. Замедление нейтронов в поглощающих средах. Воспроизводство. Конструкция ядерного реактора. Импульсный реактор ИБР-2. Реакторы на медленных и быстрых нейтронах.

3. Вопросы по дисциплинам специализации в МКБ "Радуга"

3.01. Состав бортовых вычислительных систем

Процессор, запоминающие устройства, устройство связи с объектом, устройство передачи данных, программное обеспечение, устройства связи оператора с аппаратными средствами бортовых вычислительных систем.

3.02. Системы ввода-вывода

Назначение системы ввода-вывода. Программный канал, варианты работы. Канал прямого доступа в память. Виды информационных каналов УСО.

3.03. Организация процессора бортовых вычислительных систем. Организация запоминающих устройств бортовых вычислительных систем

Назначение процессора. Состав процессора. Функции и состав АЛУ, УУ, СОЗУ. Функции ЗУ. Оперативное ЗУ, постоянное ЗУ, сверхоперативные ЗУ. Их характеристики и свойства.

3.04. Программное обеспечение бортовых вычислительных систем

Функции программного обеспечения. Операционная система, система функционального контроля, специализированные рабочие программы, библиотека стандартных функций, система автоматизации программирования.

3.05. Принцип работы датчика угловых скоростей. Принцип работы датчика линейных ускорений

Назначение датчика. Использование в составе автопилота и бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИМС). Момент ротора, гироскопический момент. Демпфирование колебаний. Назначение датчика. Способы измерения сил, действующих на датчик. Методы уменьшения величины сухого трения. Маятниковые датчики. Поплавковые датчики.

3.06. Принцип работы датчика высоты. Принцип работы датчика воздушной скорости. Динамические характеристики датчиков

Типы датчиков. Баровысотомеры. Радиовысотомеры. Измерение полного давления, статического давления. Динамическое давление или скоростной напор. Скорость полета. Переходной процесс, частотные характеристики. Собственная частота. Показатель демпфирования. Амплитудная и фазовая характеристики.

3.07. Принципы радиолокации

Назначение и задачи радиолокационных устройств. Обобщенная структура радиолокационного канала. Физическая картина создания излучателем бегущей волны, основные характеристики радиолокационного канала.

3.08. Виды радиолокации

Виды радиолокации: активная, пассивная, канал с ретрансляцией. Принципы работы и область применения.

3.09. Методы определения местоположения объекта

Виды излучаемых сигналов. Методы определения дальности при различных видах излучения. Определение координат по максимуму сигнала, по минимуму сигнала, по равносигнальной зоне. Методы сопровождения цели по дальности. Селекция движущихся целей. Подавление пассивной помехи.

3.10. Технические характеристики радиолокационных систем

Антенно-фидерные устройства (АФУ). Волноводный тракт. Типы антенн. Диаграмма направленности (ДНА). Особенности ее в разных зонах облучения. Характеристики АФУ, зависимость от ДНА.

3.11. Системы координат в задачах динамики полета. Силы и моменты, действующие на летательный аппарат в полете

Стартовая система координат. Связанная система координат. Скоростная система координат. Полускоростная система координат. Связь между введенными системами координат. Аэродинамические силы и моменты, включая силы и моменты, обусловленные отклонением аэродинамических органов управления. Сила и момент тяги двигателей, а также силы и моменты, обусловленные работой газодинамических органов управления. Сила веса.

3.12. Автопилот. Назначение, состав. Структурная схема канала стабилизации

Требования к режиму стабилизации. Каналы стабилизации. Состав автопилота: датчики первичной информации, рулевые машины, корректирующие устройства, усилители мощности, преобразующие и задающие устройства. Структурная схема канала стабилизации: пример - система стабилизации в канале крена.

3.13. Способы телеуправления

Командные системы телеуправления: пример - система с наведением в координатах на летательном аппарате Х-59 с использованием телевизионной камеры. Системы наведения по лучу: радиолокационные, инфракрасные, лазерные.

3.14. Координаторы цели. Способы формирования сигнала ошибки при самонаведении

Виды координаторов: радиолокационные, инфракрасные, оптические, лазерные, акустические; их характеристики. Способы формирования сигнала ошибки. Способы ориентации системы координат, связанной с координатором. Система координат, жестко связанных с корпусом летательного аппарата; система координат, ориентированная по линии визирования (по вектору дальности); система координат с неясной ориентацией в пространстве.

Рекомендуемая литература:

1. И.В. Савельев, Курс общей физики в 3-томах, М.: Наука, 2001.
2. Д.В. Сивухин, Общий курс физики в 5 томах, М.: Физматлит, 2002.
3. Физика микромира. Под ред. Д.В. Ширкова, М.: Советская энциклопедия, 1980.
4. И.Н. Мешков, А.О. Сидорин, Основы квантовой механики и атомной физики, Дубна: ОИЯИ, 2006.
5. К.Н. Мухин, Экспериментальная ядерная физика, М.: Энергоиздат, 1993.
6. Ф. Бони, Введение в физику ядра, адронов и элементарных частиц, М.: Мир, 1999.
7. Изотопы. Под ред. В.Ю. Баранова, М.: Физматлит, 2005.
8. Ю.К. Акимов, Фотонные методы регистрации излучений, Дубна: ОИЯИ, 2006.
9. И.Н. Мешков, Е.М. Сыресин, Ускорители заряженных частиц в ядерной физике и физике высоких энергий, Дубна: ОИЯИ, 1998. Лекции для молодых ученых.
10. В.В. Гончаров, Исследовательские реакторы. Создание и развитие, М.: Наука, 1986.
11. М.М. Комочков, В.Н. Лебедев, Практическое руководство по радиационной безопасности на ускорителях заряженных частиц, М.: Энергоиздат, 1986.
12. В.В. Шкирятов, Радионавигационные системы и устройства, М.: Радио и связь, 1984.
13. А.Н. Харисов и др., Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАС, М.: ИПРЖР, 1999.
14. Д.А. Брасавский, Приборы и датчики летательных аппаратов, М.: Машиностроение, 1970.
15. В.М. Вальков, Микроэлектронные управляющие вычислительные комплексы, Л.: Машиностроение, 1979.

Получено 23 августа 2007 г.