

**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ)
УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с
государственными требованиями к
минимуму содержания и уровню
подготовки выпускников по
указанным направлениям и
Положением «Об УМКД РАУ».

УТВЕРЖДАЮ:



Инженерно-физический институт

Кафедра Общей физики и квантовых наноструктур

Автор(ы): д.ф.-м.н., профессор Арутюнян Володя Артаваздович

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.О.08 «Физика 3»

Направление: 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»
Профиль: Квантовая информатика

1. Аннотация

1.1 Цели и задачи дисциплины.

Учебная программа ориентирована на подготовку высокопрофессиональных кадров, которые должны хорошо ориентироваться в геометрической, волновой и молекулярной оптике.

Целью изучения дисциплины является подготовка студентов к творческому профессиональному восприятию последующих дисциплин (квантовая физика, статистическая физика т.д.), а также специальных дисциплин, посвященных изучению принципов работы оптических приборов, в том числе лазеров. В курсе излагаются основы теории электромагнитных волн на основе уравнений Максвелла, волновой оптики, в том числе интерференции и когерентности, дифракции, классическая теория дисперсии, основы кристаллооптики, оптики движущихся сред, выявляться роль оптических эффектов в становлении теории относительности. Изучаются основные явления и эффекты, которые лежат в основе работы оптических приборов и устройств: спектрометров, поляризаторов, фильтров, микроскопов, телескопов и т.д. Далее, на основе волновой теории света и молекулярно-кинетической теории строения вещества исследуются оптические свойства вещества и наиболее важные для практики эффекты: эффект Фарадея, Коттон-Мутона, критическая опалесценция, молекулярное рассеяние света, эффект Вавилова-Черенкова и т.д. Изучаются основные закономерности теплового излучения и равновесного излучения, которые явились предпосылками установления законов квантовой теории излучения и квантовой статистической физики и являющиеся следствием дискретности материи. При рассмотрении конкретных теоретических и расчетных методов и проведении опытов главное внимание уделяется их применению в конкретных практических задачах. Предполагается посещение студентами лекций, выполнение лабораторных работ для лучшего освоения теоретических знаний и приобретения экспериментаторских навыков, решение основных типов задач, включаемых в контрольные работы, выполнение домашних заданий и двух промежуточных контрольных тестирований.

При изучении курса “Физика 3” предусматривается Общий Физический Практикум, при выполнении которого у студентов формируются навыки и умения применения теоретического материала к анализу конкретных физических ситуаций, использования современной измерительной аппаратурой, принципом ее действия и методами автоматизации и компьютеризации процессов сбора и обработки физической информации. Целью практикума также является изучение основных закономерностей процессов и оценка порядков изучаемых величин, точности и достоверности полученных результатов.

Цели и задачи преподавания дисциплины: изучение основных теоретических положений волновой, геометрической и молекулярной оптики, а также формирование у студентов навыков моделирования физических задач, применения методики имитационного обоснования теоретических положений и практического использования аппарата при проведении

практических работ, а также для успешного освоения последующих курсов и обеспечения целостности и непрерывности дальнейшего обучения.

Основные методы проведения занятий: лекции, практические занятия, лабораторные работы.

2. Требования к исходным уровням знаний и умений студентов:

Для прохождения данного курса студент должен:

- **Знать:** Соответствующий раздел школьного курса.

Основные законы электродинамики в рамках курса Физика II.

Основы теории дифференциальных уравнений и векторного анализа.

- **Уметь:** решать несложные задачи по геометрической оптике; разбираться в принципах работы простейших оптических приборов;
- **Владеть:** методами простейших оптических измерений.

3. Взаимосвязь с другими дисциплинами специальности:

Физика 1, Физика 2, Физика 4, Теоретическая механика.

4. Требования к уровню освоения знаний и умений студентов:

После прохождения дисциплины студент должен:

- **Знать** основные свойства электромагнитных волн и закономерности взаимодействия излучения с веществом, принципы работы важнейших оптических приборов, основополагающие эксперименты, на основе которых были сформированы соответствующие физические представления.
- **Уметь** решать простые прикладные задачи, выполнять эксперименты по измерению оптических величин.
- **Владеть** методами моделирования, необходимыми для расчетов оптических систем, а также навыками измерения оптических величин.

5. Объем дисциплины и виды учебной работы:

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	252 / 7 кр.
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	102
1.1.1. Лекции	34
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	34
1.1.3. Лабораторные работы	34
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	114
1.2.1. Бесконтактная самостоятельная работа	114
1.2.2. Контактная самостоятельная работа	
Итоговый контроль (экзамен, зачет, диф. зачет - указать)	Экзамен 36

6. Распределение весов по модулям и формам контроля

Веса и формы контролей	Веса форм текущих контролей в результирующей оценке текущего контроля			Веса форм промежуточных контролей и результирующей оценки текущего контроля в итоговой оценке промежуточного контроля			Веса итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточного контроля	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
Вид учебной работы/контроля								
Контрольная работа				0	0,5	0,5		
<i>Тест</i>								
<i>Курсовая работа</i>								
Лабораторные работы	0	0,5	0,5					
Письменные домашние задания	0	0,5	0,5					
<i>Эссе</i>								
Устный опрос	0	0	0					
<i>Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках соответствующих промежуточных контролей</i>				0	0,5	0,5		
<i>Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей</i>							0	
<i>Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей</i>							0,5	
<i>Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей т.д.</i>							0,5	
<i>Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля</i>								0,5
Экзамен/зачет (оценка итогового контроля)								0,5
	$\Sigma=0$	$\Sigma=1$	$\Sigma=1$	$\Sigma=0$	$\Sigma=1$	$\Sigma=1$	$\Sigma=1$	$\Sigma=1$

7. Содержание дисциплины

7.1 Тематический план и трудоемкости аудиторных занятий

<i>Разделы и темы дисциплины</i>	Всего (ак. часов)	Лекции(ак. часов)	Практ. занятия (ак. часов)	Лабор. (ак. часов)
<i>1</i>	2=3+4+5+ 6+7	3	4	6
МОДУЛЬ 1.		27	18	18
Введение		1		
Раздел 1. Электромагнитные волны.		6	4	
Тема 1. Свет как электромагнитная волна.		2		
Тема 2. Основные свойства ЭМВ, следующие из уравнений Максвелла.		2	2	
Тема 3. Энергетические характеристики ЭМВ.		2	2	
Раздел 2. Интерференция и дифракция		16	10	
Тема 4. Интерференция плоских ЭМВ.		1		
Тема 5. Интерференция волн от двух точечных источников.		2	2	
Тема 6. Закон сохранения энергии при интерференции.		1		
Тема 7. Опыт Юнга. Временная Пространственная		1	1	
Тема 11. Дифракционная решетка.		2	2	
Тема 13. Дифракция Френеля.		1	2	
Раздел 3. Явления на границе раздела двух сред.		3	2	
Тема 14. Прохождение света через границу раздела двух сред.		2		
Тема 15. Следствия из формул Френеля.		2	2	
МОДУЛЬ 2		27	18	18
РАЗДЕЛ 4. Основы специальной теории относительности (СТО).		10	6	
Тема 16. Принцип относительности.		2		
Тема 17. Измерение промежутков времени с учетом постулатов СТО.		2	2	
Тема 18. Преобразования Лоренца.		2	2	
РАЗДЕЛ 5. СВЕТ В ВЕЩЕСТВЕ.		16	10	
Тема 22. Электронная теория дисперсии		2		
Тема 23. Электронная теория дисперсии		1		
Тема 24. Дисперсия в различных областях спектра.		1	2	
Тема 25. Поглощение и рассеяние ЭМВ.		2	1	
Тема 26. Групповая скорость.		2	1	
Тема 29. Общие закономерности теплового излучения.		2	2	
Тема 30. Абсолютно черное тело.		3	2	
ИТОГО	102	34	34	34

7.2 Содержание разделов и тем дисциплины

ВВЕДЕНИЕ. ЧТО ИЗУЧАЕТ ОПТИКА.

Эволюция представлений о природе света. Геометрическая оптика, принцип Ферма. Волновая оптика; опыты, необъяснимые в рамках геометрической оптики. Электромагнитная теория света. Описание взаимодействия света с веществом как задача электродинамики.

Квантовая природа света. Лазеры и нелинейная оптика. Роль исследований в области оптики в развитии физики в целом (Ландсберг, Оптика. Введение.). 1 час.

МОДУЛЬ 1.

Раздел 1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ.

Тема 1. Свет как электромагнитная волна.

Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Вывод волнового уравнения для векторов напряженности электрического поля \mathbf{E} и магнитной индукции \mathbf{B} . ЭМВ как самостоятельная динамическая система. Равенство скорости распространения ЭМВ скорости распространения света. Связь между диэлектрической проницаемостью и показателем преломления. (Сивухин, т.4, гл. 1)

Тема 2. Основные свойства ЭМВ, следующие из уравнений Максвелла.

Поперечность; взаимная ориентация векторов \mathbf{E} , \mathbf{B} , и волнового вектора \mathbf{k} ; синфазность \mathbf{E} и \mathbf{B} , отношение амплитуд полей; определенная ориентация векторов \mathbf{E} и \mathbf{B} в плоскости, перпендикулярной направлению распространения - поляризация. Поляризация плоской монохроматической электромагнитной волны, связь поляризованности с монохроматичностью. Принцип суперпозиции. Виды поляризации монохроматической ЭМВ: эллиптическая и ее частные случаи – линейная и круговая, условия их реализации. Естественная поляризация. (Иродов, Электромагнетизм. Гл. 2).

Тема 3. Энергетические характеристики ЭМВ.

Закон сохранения энергии в электродинамике как следствие уравнений Максвелла. Плотность энергии, плотность потока энергии, вектор Пойнтинга, интенсивность и импульс ЭМВ. Плотность энергии и интенсивность монохроматических ЭМВ различных поляризаций. (Иродов, Волновые процессы, гл. 10).

РАЗДЕЛ 2. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ И ДИФРАКЦИЯ

Тема 4. Интерференция плоских ЭМВ.

Суперпозиция плоских ЭМВ, бегущих в разных направлениях; распределение энергии в пространстве в случае равных амплитуд и одинаковых поляризаций. Сущность явления интерференции. Конструктивная и деструктивная интерференция. Принципиальное отличие интерференции ЭМВ в вакууме от интерференции упругих волн – наличие колеблющихся взаимодействующих частиц во втором случае и их отсутствие в первом. (Сивухин т.4, гл. 3, мои лекции).

Тема 5. Интерференция волн от двух точечных источников.

Понятие точечного источника, аналогия с понятием материальной точки. Сферические волны, характер убывания амплитуды с расстоянием от источника согласно закону сохранения энергии. Наложение двух монохроматических сферических волн. Приближения, обычно используемые при анализе интерференционных опытов. Распределение энергии в пространстве, условия интерференционных максимумов и минимумов. (Ландсберг, Оптика)

Тема 6. Закон сохранения энергии при интерференции.

Случай, когда расстояние между двумя точечными источниками меньше длины волны; интерференционный парадокс – кажущееся нарушение закона сохранения энергии. Разрешение интерференционного парадокса – учет взаимного влияния источников, пример из радиотехники. (Ландсберг, гл. 4).

Тема 7. Опыт Юнга. Временная когерентность.

Схема опыта Юнга. Вывод зависимости координат максимумов и минимумов от длины волны и порядка. Аналоги опыта Юнга в других областях физики. Две причины разрушения интерференционной картины: некогерентность волн и конечность размеров источника. Условие смазывания интерференционных максимумов из-за некогерентности, степень когерентности, длина когерентности, время когерентности. Пример – излучение солнца. (Иродов, Волновые процессы, гл.4).

Тема 8. Опыт Юнга. Пространственная когерентность.

Смазывание интерференционных максимумов из-за неточности источника, радиус когерентности. Пример – измерение угловых размеров звезд. (Иродов, Волновые процессы, гл.4).

Тема 9. Схемы наблюдения интерференции.

Интерференция в тонких пленках; кольца Ньютона; применения этих явлений. Бизеркала, билинза. Интерферометр Майкельсона. Многолучевая интерференция, интерферометр Фабри-Перо. (Иродов, Волновые процессы, гл.4).

Тема 10. Дифракция ЭМВ.

Проявления дифракции в различных условиях. Пример – измерение расстояния до луны с помощью луча лазера. Принцип Гюйгенса-Френеля, его приближенный характер. Дифракция Фраунгофера (плоские волны) и дифракция Френеля (сферические волны). Дифракция плоской волны на одной щели, расчет двумя методами. Понятие порядка дифракционного максимума. Зависимость интенсивности максимума от порядка. Пределы применимости геометрической оптики. Дифракция от двух щелей, связь с опытом Юнга. (Иродов, Волновые процессы, гл. 4; Ландсберг, Оптика, §44; мои лекции).

Тема 11. Дифракционная решетка.

Понятие спектра излучения. Основная задача спектрального анализа и использование дифракции для ее решения. Вывод формулы дифракционной решетки с помощью принципа Гюйгенса - Френеля. Исследование формулы дифракционной решетки: главные максимумы, минимумы, побочные (добавочные) максимумы, их интенсивность в зависимости от порядка дифракции. (Кингсепп и др, Основы физики т. 1, гл.8).

Тема 12. Разрешающая способность спектральных приборов.

Разрешающая способность дифракционной решетки. Происхождение термина «монокроматическая волна». Наклонное падение волны на дифракционную решетку – измерение коротких длин волн. Дифракция рентгеновских лучей и определение структуры кристаллической решетки. (Кингсепп и др, Основы физики т. 1, гл.8).

Тема 13. Дифракция Френеля.

Дифракция сферической волны на круглом отверстии. Принцип построения зон Френеля. Свойства зон Френеля. Зонная пластинка как линза. (Иродов, Волновые процессы, гл. 4. Мои лекции).

РАЗДЕЛ 3. ЯВЛЕНИЯ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД.

Тема 14. Прохождение света через границу раздела двух сред.

Граничные условия для векторов напряженности электрического и магнитного поля в случае изотропных немагнитных сред. Вывод геометрических законов преломления и отражения для плоских волн. Вывод формул Френеля, случай s-поляризации, случай p-поляризации. (Кингсепп и др, Основы физики т. 1, гл.11).

Тема 15. Следствия из формул Френеля.

Поляризация отраженной волны в случае p-поляризации (угол Брюстера), полное внутреннее отражение. Применения этих эффектов. (Кингсепп и др, Основы физики т. 1, гл 11).

МОДУЛЬ 2.

РАЗДЕЛ 4. Основы специальной теории относительности (СТО).

Тема 16. Принцип относительности.

Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея. Исторические предпосылки возникновения СТО: данные астрономических наблюдений и инвариантность уравнений Максвелла относительно преобразований Галилея. Постулаты Эйнштейна: независимость скорости света в вакууме от скорости движения источника; инвариантность всех законов физики (включая электродинамику и оптику) относительно прямолинейного равномерного движения в инерциальной системе отсчета. Некоторые следствия постулатов Эйнштейна: наличие в природе максимальной скорости движения тел; причинная связь явлений. Опыт Майкельсона. (Иродов, Механика. Основные законы. Гл.6).

Тема 17. Измерение промежутков времени с учетом постулатов СТО.

Универсальные часы. Ход времени в различных инерциальных системах отсчета – эффект замедления времени. Измерение длин отрезков с учетом различного хода времени в различных инерциальных системах отсчета – эффект сокращения длины.

Тема 18. Преобразования Лоренца.

Вывод формул преобразования координат и времени (преобразования Лоренца) на основе формул для замедления времени и сокращения длины. Относительность одновременности. Предельный переход $c \rightarrow \infty$ в формулах преобразований Лоренца. Понятие интервала и его инвариантность относительно преобразований Лоренца. Собственное время. (Иродов, Механика. Основные законы. Гл.6).

Тема 19. Четырехмерные векторы.

Пространственные координаты и время как компоненты четырехмерного вектора. Два вида скорости в СТО: путь, пройденный в единицу времени и четырехмерная скорость. Вывод формул

преобразования скорости из преобразований Лоренца и следствия из этих формул. Скорость сближения. Четырехмерная скорость как производная координат и времени по интервалу. Ускорение в СТО. (Сивухин, Оптика, гл.9)

Тема 20. Эффект Доплера.

Волновой вектор и частота световой волны как компоненты четырехмерного вектора. Инвариантность фазы световой волны. Скалярное произведение четырехмерных векторов. Эффект Доплера в оптике и его значение для космологии. (Сивухин, Оптика, гл.9)

Тема 21. Основы динамики СТО.

Конечность скорости распространения всех взаимодействий в природе. Невозможность введения понятия потенциальной энергии. Вывод формулы для энергии в СТО из теоремы о кинетической энергии. Четырехмерный вектор импульса и энергия как его компонента. Законы сохранения импульса и энергии в СТО. (Кингсепп и др, Основы физики т. 1, гл 10. Сивухин, Оптика, гл.9).

РАЗДЕЛ 5. СВЕТ В ВЕЩЕСТВЕ.

Тема 22. Электронная теория дисперсии 1.

Открытие дисперсии Ньютоном. Две различные точки зрения на результат опыта Ньютона – разложение солнечного света в спектр в среде, и возникновение различно окрашенных волн из солнечного света в среде. Формула Коши для показателя преломления. Физические процессы при распространении света в среде: колебания заряженных частиц среды, возникновение вторичных волн и их интерференция с падающей волной. Лоренцева модель среды – совокупность заряженных гармонических осцилляторов с затуханием. Решение уравнения для установившегося режима вынужденных колебаний осциллятора. (Ландсберг, Оптика, гл.28; Кингсепп, Основы физики, гл 9)

Тема 23. Электронная теория дисперсии 2.

Вычисление дипольного момента осциллятора, его поляризуемости и восприимчивости единицы объема разреженного вещества. Понятие силы осциллятора. Вычисление показателя преломления как функции частоты. Нормальная и аномальная дисперсия. (Ландсберг, Оптика, гл.28; Кингсепп, Основы физики, гл 9)

Тема 24. Дисперсия в различных областях спектра.

Резонансная восприимчивость атомов и молекул. Случай низких частот – прозрачные диэлектрики. Случай высоких частот – диэлектрическая восприимчивость металла. Плазменная частота, отражение света металлами и радиоволн ионосферой. Вклад связанных электронов металла в дисперсию. (Ландсберг, Оптика, гл.28; Кингсепп, Основы физики, гл 9).

Тема 25. Поглощение и рассеяние ЭМВ.

Работа, совершаемая электрическим полем волны над заряженным осциллятором, превращение энергии волны в тепловую энергию. Энергия ЭМВ, поглощаемая в единицу времени единицей объема вещества. Вывод закона Бугера-Ламберта-Бэра из баланса энергии при распространении света в среде. Коэффициент поглощения среды, поперечное сечение поглощения. Рассеяние

света заряженным осциллятором. Формула дипольного излучения (без вывода). Понятие о флуктуациях, рэлеевское рассеяние света в атмосфере (закон ω^4). (Ландсберг, Оптика, гл.29).

Тема 26. Групповая скорость.

Два метода измерения скорости света в среде – с использованием закона преломления и измерение времени прохождения в среде короткого светового импульса. Объяснение расхождения результатов, полученных разными методами. Ограниченный в пространстве и во времени волновой пакет как суперпозиция монохроматических волн. Групповая скорость как результат наложения монохроматических волн с близкими частотами и близкими фазовыми скоростями. Вывод формулы Рэлея. Современные возможности управления скоростью света в среде. (Иродов, Волновые процессы, гл.7)

Тема 27. Оптика анизотропных сред.

Механизм возникновения анизотропии физических свойств; пример – поляризуемость двухатомной молекулы. Плоские волны в кристалле, взаимная ориентация векторов \mathbf{E} , \mathbf{D} , \mathbf{H} , \mathbf{N} и \mathbf{S} , где \mathbf{N} – вектор волновой нормали, \mathbf{S} – вектор Пойнтинга. Двуосные кристаллы, вывод формул скорости обыкновенной и необыкновенной волн. Двойное лучепреломление, его применение для получения поляризованного света и анализа поляризации света. Закон Малюса. Пластинка в четверть длины волны. (Сивухин, Оптика, гл. 7).

Тема 28. Искусственная оптическая анизотропия.

Вещество в магнитном поле, эффект Фарадея. Вещество в электрическом поле, эффект Керра. Практическое применение этих эффектов. (Сивухин, Оптика, гл. 7).

Тема 29. Общие закономерности теплового излучения.

Механизм возникновения теплового излучения. Равновесие излучение и вещества как равновесие процессов излучения и поглощения. Основные величины, используемые при описании теплового излучения – спектральная плотность излучения, излучательная способность тела, поглощательная способность тела, а также соответствующие интегральные величины. Связь между плотностью энергии и излучательной способностью. Закон Кирхгоффа как следствие равновесия. (И.В.Савельев, Курс физики, т.3, гл.1)

Тема 30. Абсолютно черное тело (АЧТ).

Модель абсолютно черного тела и его реализация. Приближенный характер реализации. Спектр АЧТ и его особенности – убывание спектральной плотности энергии с ростом частоты, сдвиг максимума с повышением температуры. Сущность ультрафиолетовой катастрофы. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина. Формула Вина как следствие эффекта Доплера и второго закона термодинамики. Вывод законов излучения абсолютно черного тела из формулы Вина. Определение постоянных закона Стефана-Больцмана и закона Вина из формулы Вина. (Ландсберг, Оптика §200).

8. Вопросы к экзамену.

1. Уравнения Максвелла в интегральной форме.
2. Основные свойства эл.-магн. волн.
3. Вывод волнового уравнения из уравнений Максвелла.
4. Монохроматическая плоская волна.
5. Сложение колебаний.
6. Отражение и преломление световых волн.
7. Поляризация света при отражении.
8. Интерференция волн от двух точечных источников.
9. Принцип Гюйгенса-Френеля.
10. Дифракция на одной щели.
11. Дифракционная решетка.
12. Дифракция рентгеновских лучей.
13. Дифракция на круглом отверстии. Зоны Френеля.
14. Условия применимости геометрической оптики.
15. Плотность и поток энергии в плоской волне.
16. Комплексное представление колебаний и волн.
17. Спектральное разложение.
18. Групповая скорость.
19. Электронная теория дисперсии.
20. Комплексная восприимчивость.
21. Поглощение света в среде.
22. Рассеяние эл.-магн. волн.
23. Шкала эл.-магн. волн.
24. Когерентность. Длина когерентности.
25. Одноосные кристаллы.
26. Поляризационные устройства.
27. Искусственная оптическая анизотропия. Эффекты Фарадея, эффект Керра.
28. Эффект Зеемана.
29. Принцип относительности Эйнштейна.
30. Некоторые следствия из принципа относительности.
31. Кинематические эффекты теории относительности.
32. Основные свойства преобразований Лоренца.
33. Преобразование скоростей.

9. Список Литературы

1. Сивухин, т.4,
2. Иродов, Электромагнетизм

3. Иродов, Волновые процессы,
4. Ландсберг, Оптика
5. Кингсепп и др, Основы физики
6. Иродов, Механика.

СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ландсберг, Оптика.
2. Иродов, Основные законы механики.
3. Иродов, Электромагнетизм. Основные законы.
4. Иродов, Волновые процессы. Основные законы.
5. Кингсепп, Основы физики.
6. Сивухин, Общий курс физики, т.4: Оптика.
7. Савельев, Курс физики, т.3.

10 . Образец экзаменационного билета

РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ

Институт: Инженерно-физический (II курс, I семестр).
Дисциплина: Физика 3

Экзаменационный билет №

1. Поляризация ЭМ волн.
2. Дифракционная решетка.
3. Расстояния и промежутки времени в СТО.

Задача