

**ВОПРОСЫ по курсу ФИЗИКА ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ**  
**факультет ВМК, 3 курс**  
**2009/2010 учебный год**

- 1.1.–1.4. Волновое уравнение и его решение в виде бегущей волны. Параметры волнового процесса: длина волны, волновое число, частота, период, фазовая скорость - и соотношения между ними. Продольная и поперечная волна. Волновой фронт. Плоская волна.
- 1.5. Понятие волны. Физическая интерпретация условия устойчивости разностных схем бегущего счета для волнового уравнения. Максимальная скорость переноса возмущений по сетке.
- 2.1. Система уравнений гидродинамики, граничные условия. Приближение сплошной среды.
- 2.2. Акустические волны. Приближение линейной акустики. Скорость звука в воздухе и воде. Опыт с «улиткой Умова». Диапазон звуковых частот. Ультразвук и его применение в медицине.
- 2.3. Условия на границе раздела для акустических волн. Импеданс среды. Коэффициенты отражения и прохождения. Отражение с “потерей полуволны”.
- 2.4., 2.5. Закон сохранения энергии звуковой волны. Поток и объемная плотность акустической энергии. Интенсивность. Порог слышимости. Болевой порог. Шкала децибел. Численные оценки для смещения, скорости, давления.
- 3.1., 3.5. Электромагнитные волны. Вывод волнового уравнения из уравнений Максвелла. Скорость света. Показатель преломления. Шкала электромагнитных волн. Длина волны в видимой части спектра.
- 3.2. Поперечность электромагнитной волны в свободном пространстве. Уравнения Максвелла. Ориентация векторов  $E, H, k$ .
- 3.3., 3.6. Энергия электромагнитной волны. Уравнения Максвелла. Плотность потока энергии, объемная плотность энергии. Интенсивность излучения. Солнечная постоянная. Энергетический баланс солнечного излучения в атмосфере. Парниковый эффект.
- 3.4., 3.5. Давление электромагнитной волны. Волновой механизм возникновения давления. Зависимость давления от коэффициента отражения. Шкала электромагнитных волн. Длина волны в видимой части спектра.
- 4.1., 4.2. Законы отражения и преломления. Электро-механическая аналогия в теории волн.
- 4.3. Земная рефракция. Радуга. Рефракция звука в океане.
- 4.4., 4.5. Полное внутреннее отражение. Миражи. Волоконная оптика. Волоконно-оптические линии связи. Волоконные световоды в медицине.
- 4.6., 4.8. Отражение и преломление поляризованных волн. Формулы Френеля. Поляризационные эффекты на границе раздела. Угол Брюстера.
- 4.7. Поляризация электромагнитных волн. Линейная, эллиптическая, круговая поляризация. Естественный свет.
- 4.9. Распространение электромагнитных волн в кристаллах. Двулучепреломление. Поляризаторы.
- 4.10., 4.11. Оптическая активность и круговой дихроизм. Принцип работы ЖК дисплеев.
- 5.1., 5.2. Способы передачи информации волной. Биения, амплитудная модуляция, частотный спектр сигнала с амплитудной модуляцией по гармоническому закону. Радиовещание в АМ и ФМ диапазонах.
- 5.3, 5.4. Суперпозиция эквидистантных гармоник. Амплитуда квазигармонического сигнала при конечном и бесконечном числе гармоник. Опыт с маятниками. Теорема о ширине частотной полосы.

- 6.1. Спектр периодического сигнала. Спектр последовательности прямоугольных периодических импульсов. Влияние длительности импульса и периода следования на спектр. Формирование сигнала из гармоник. Осцилляции Гиббса.
- 6.2. Спектр одиночного импульса. Предельный переход от дискретного спектра к сплошному. Интеграл Фурье. Спектр прямоугольного импульса. Длительность импульса и ширина его спектра. Радиоимпульс.
- 6.3, 6.4. Регистрация гармоник Фурье. Спектральная плотность мощности. Энергетическая ширина спектра. Теорема Планшереля. Связь формы импульса и ширины спектра.
- 6.6. Свойства преобразования Фурье: формулы запаздывания, смещения, свертки.
- 7.1., 7.3., 7.4. Дискретное преобразование Фурье. Функция дискретного аргумента и ее спектр. Периодизация спектра. Частота Найквиста. Наложение частот. Формулы дискретного преобразования Фурье. Взаимосвязь функции и спектра при дискретизации на сетке.
- 7.2., 7.3. Восстановление сигнала по его дискретным отсчетам. Формула Котельникова–Шеннона. Частота Найквиста. Осцилляции Гиббса. Взаимосвязь функции и спектра при дискретизации на сетке.
- 7.4., 7.3. Формулы дискретного преобразования Фурье. Вывод ортогональности гармоник. Свойства дискретного преобразования Фурье: формулы запаздывания, смещения, свертки. Взаимосвязь функции и спектра при дискретизации на сетке.
- 8.1., 8.4. Пространственная и временная дисперсия. Нормальная и аномальная дисперсия. Формула Рэлея. Зависимость частоты от волнового числа, показателя преломления от длины волны.
- 8.2, 8.3. Первое приближение теории дисперсии. Волновой пакет. Групповая скорость. Уравнение переноса для огибающей пакета. Бегущее время.
- 8.5. Второе приближение теории дисперсии. Расплывание волнового пакета. Параболическое уравнение дисперсии для амплитуды. Гауссов импульс. Дисперсионная длина. Влияние дисперсии на скорость передачи информации.
- 9.1. Волны в цепочках. Дисперсионное уравнение. Длинноволновое приближение. Полоса прозрачности. Движение в цепочке при частотах внутри и вне полосы прозрачности. Опыт с цепочкой маятников.
- 9.2. Дисперсия разностной схемы волнового уравнения. Цепочка как физический аналог разностной схемы. Частота Найквиста и верхняя граница полосы прозрачности.
- 10.1., 10.2. Электронная теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия электромагнитных волн. Линии поглощения. Опыт по наблюдению аномальной дисперсии в парах натрия.
- 11.1., 11.2. Двухлучевая интерференция. Суперпозиция плоских волн, ширина интерференционной полосы. Условия интерференционного максимума и минимума. Интерференция волн от двух точечных источников. Опыты по наблюдению интерференции волн в УКВ и видимом свете.
- 11.3., 11.4. Интерференция в тонких пленках. Линии равной толщины. Цвета тонких пленок. Просветление оптики. Интерферометр Майкельсона.
- 11.5. Стоячие волны; узлы и пучности. Изменение напряженности полей в электромагнитной стоячей волне. Плотность и поток энергии. Демонстрации в УКВ-диапазоне, в струне.
- 12.1. Интерференция квазимонохроматических волн. Условие возникновения интерференционной картины. Понятие о когерентности.
- 12.2. Когерентность волн и видимость интерференционной картины. Степень когерентности. Связь распределения интенсивности в интерференционной картине и степени когерентности.
- 12.3. Время когерентности. Время когерентности и длительность цуга спонтанного излучения атома. Длина когерентности и ширина спектра излучения.
- 12.4. Теорема Винера–Хинчина. Понятие о Фурье-спектроскопии.

13.1., 13.2. Многолучевая интерференция волн от цепочки синфазных источников. Ширина главных максимумов. Опыты с 2, 3 и 4-мя щелями. Антенные решетки. Угловое разрешение.

13.1., 13.3. Многолучевая интерференция волн от цепочки синфазных источников. Ширина главных максимумов. Разрешающая способность. Эталон Фабри–Перо.

14.1.–14.3. Математическая формулировка задачи дифракции. Уравнение Гельмгольца. Интеграл Гельмгольца–Кирхгофа. Условие излучения. Приближения Кирхгофа. Формула Гельмгольца–Кирхгофа.

14.3, 14.4. Приближения Кирхгофа в теории дифракции. Формула Гельмгольца–Кирхгофа. Оптическое приближение. Формула Френеля–Кирхгофа.

14.5. Формула Френеля–Кирхгофа и принцип Гюйгенса–Френеля. Анализ дифракции на отверстиях с помощью зон Френеля. Картина дифракции на отверстиях. Пятно Пуассона. Зонная пластинка.

14.6. Дифракция Френеля. Параксиальное (приосевое) приближение. Параболическое уравнение дифракции. Дифракция гауссового пучка.

14.7. Эффект Тальбо. Параболическое уравнение дифракции и его решение для изображения периодической структуры. Расстояние Тальбо для одномерных и двумерных структур.

15.1. Дифракция Фраунгофера (дифракция плоских волн). Угловой спектр плоских волн. Пространственный спектр.

15.2. Дифракция на щели, прямоугольном и круглом отверстиях. Дифракционная расходимость.

15.3. Пространственно-временная аналогия. Пространственный спектр при дифракции на щели и частотный спектр прямоугольного импульса. Связь ширины сигнала и ширины спектра.

15.4. Ближняя и дальняя зоны дифракции. Приближение геометрической оптики. Число зон Френеля в отверстиях для различных приближений теории дифракции.

15.5. Дифракционная решетка. Угловое распределение интенсивности. Условия минимумов и максимумов. Разрешающая способность.

15.6. Фурье-оптика. Линза как оптический процессор Фурье. Оптическая фильтрация. Опыт с фильтрацией изображения двумерной решетки.

15.7. Голография. Принцип записи и восстановление голографических изображений.

15.8. Корпускулярно-волновой дуализм. Интерференция фотонов.

16.1., 16.2. Излучение атома. Классическая модель Томсона. Атом Бора. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.

16.3, 16.4. Когерентное усиление. Принцип работы и схема лазера. Условие генерации, обратная связь. Схема лазерных уровней. Накачка.

16.3, 16.5, 16.6. Принцип работы и схема лазера. Обратная связь. Условие генерации. Свойства лазерного излучения. Типы лазеров и их применение.

16.7. Лазерный управляемый термоядерный синтез. Реакция синтеза. Условие зажигания реакции. Сжатие мишени. Сверхсильные световые поля. Роль численного эксперимента в лазерной физике.

## Контрольные вопросы

(уровень знаний, необходимый, но не достаточный для сдачи экзамена)

1. Волновое уравнение и его решение в виде бегущей волны. Соотношения между параметрами волнового процесса (длина волны, волновое число, частота, период, фазовая скорость).
2. Акустические волны. Формула для скорости звука в воздухе и ее величина. Порог слышимости. Характерные значения силы звука в децибеллах.
3. Шкала электромагнитных волн. Длины волн, соответствующие компонентам видимого спектра. Скорость света в вакууме.
4. Волновой механизм возникновения давления электромагнитных волн. Величина светового давления.
5. Законы отражения и преломления. Полное внутреннее отражение. Волоконно-оптические линии связи.
6. Формулы преобразования Фурье. Дискретный и сплошной спектр Фурье. Свойства преобразования Фурье.
7. Теорема о ширине частотной полосы. Спектр уединенного прямоугольного импульса и периодической последовательности таких импульсов.
8. Формулы дискретного преобразования Фурье. Периодизация спектра. Частота Найквиста. Наложение частот.
9. Формула Котельникова–Шеннона.
10. Определение дисперсии. Групповая скорость. Первое и второе приближения теории дисперсии. Влияние дисперсии на скорость передачи информации в оптических линиях связи.
11. Пространственная дисперсия в цепочке. Дисперсия разностной схемы для волнового уравнения.
12. Определение понятия интерференции. Время и длина когерентности. Ширина полос для интерференции плоских волн.
13. Теорема Винера–Хинчина.
14. Угловое распределение интенсивности при многолучевой интерференции. Ширина максимума.
15. Определение явления дифракции. Приближения Кирхгофа. Формула Френеля–Кирхгофа.
16. Метод зон Френеля в решении задач дифракции.
17. Эффект Тальбо.
18. Распределение интенсивности при дифракции на щели. Дифракционная расходимость.
19. Угловое распределение интенсивности света за дифракционной решеткой.
20. Определение расстояний и размеров для ближней и дальней зон дифракции и приближения геометрической оптики.
21. Принципиальная схема лазера. Свойства лазерного излучения.