

Теория волн.

Итоговый теоретический минимум по годовому курсу

1. Дана плоская гармоническая электромагнитная волна $\vec{H} = \vec{H}_0 e^{-i(\omega t - \vec{k}\vec{r})}$, где $\vec{H}_0 = (H_{0x}, H_{0y}, H_{0z})$, $\vec{k} = (k_x, k_y, k_z)$. Написать выражения для всех трёх компонент ротора этого вектора $\vec{B} = \text{rot}\vec{H} = (B_x, B_y, B_z)$.
2. Дана плоская гармоническая электромагнитная волна $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-i(\omega t - \vec{k}\vec{r})}$, где $\vec{E}_0 = (E_{0x}, E_{0y}, E_{0z})$, $\vec{k} = (k_x, k_y, k_z)$. Записать покомпонентное действие оператора дивергенции на вектор \vec{E} : $A = \text{div}\vec{E}$.
3. Уравнения гидродинамики для идеальной сплошной среды. Адиабатическое уравнение состояния. Адиабатическая скорость звука.
4. Классическое волновое уравнение для одномерных волн в идеальной линейной среде и его общее решение. Уравнение Гельмгольца и его связь с волновым уравнением.
5. Формулы для объемной плотности энергии W и вектора плотности потока энергии \vec{S} акустических возмущений. Что такое интенсивность? Её связь с вектором \vec{S} . Связь W и \vec{S} в волне, распространяющейся вдоль \vec{m} .
6. Волновое уравнение для плоских звуковых (продольных) волн в вязкой среде. Дисперсионное соотношение для этих волн. Коэффициент затухания волн в среде с малой вязкостью.
7. Уравнение для профиля акустического сигнала в среде с малой вязкостью (уравнение ММП) и его общее решение.
8. Уравнения Максвелла в проводящей среде. Их физический смысл. Материальные уравнения в однородной изотропной среде.
9. Формулы для объемной плотности энергии W и вектора плотности потока энергии \vec{S} электромагнитного излучения. Что такое интенсивность? Её связь с вектором \vec{S} . Связь W и \vec{S} в волне, распространяющейся вдоль \vec{m} .
10. Волновое уравнение для \vec{E} в проводящей среде. Дисперсионное соотношение для электромагнитных волн в проводящей среде.
11. Что такое дисперсия волн? Что такое волновой пакет? Что такое фазовая и групповая скорости? Связь фазовой и групповой скоростей в диспергирующей среде (формула Рэлея). Что такое нормальная и аномальная дисперсия?
12. Дисперсионное соотношение для волнового пакета в 1-ом и 2-ом приближениях теории дисперсии. Условия применимости. Уравнения для огибающей пакета для каждого приближения и их общие решения.
13. Чему равен спектр сигнала $u(t) = A_0 e^{-\frac{t^2}{\tau^2}} e^{-i\omega_0 t}$? Нарисовать графики $\text{Re}(u(t))$ и модуля спектра сигнала $|S(\omega)|$.
14. Что такое угловой спектр $S(k_x, k_y)$? Чему равен угловой спектр плоской волны $u(x, y, z, t) = u_0 e^{-i(\omega t - kz)}$?
15. Что такое волновой пучок? Параболическое уравнение в теории дифракции квазиплоских волновых пучков с двумерной поперечной структурой. Физический смысл, условия применимости и общее решение.
16. Что такое анизотропная среда? Примеры электрически анизотропных и магнитно анизотропных сред. Что такое явление двойного лучепреломления? Что такое оптически положительный и оптически отрицательный одноосный кристалл?
17. Взаимная ориентация векторов $\vec{E}, \vec{D}, \vec{H}, \vec{B}, \vec{S}, \vec{k}$ в электрически и магнитно анизотропных средах.
18. Что такое неоднородная среда? Уравнения геометрической оптики в изотропной неоднородной среде. Физический смысл уравнений геометрической оптики. Условия применимости уравнений геометрической оптики.
19. Конфигурация одноатомной цепочки. Дисперсионное соотношение для упругих волн в одноатомной цепочке. График $\omega(k)$.
20. Конфигурация двухатомной цепочки. График $\omega(k)$ для оптической и акустической мод. Границы запрещенной зоны.
21. Что такое линейная волна и нелинейная волна? Что такое линейная среда и нелинейная среда? Формулировка принципа суперпозиции. Что такое простая волна?

22. Общая связь u , P и p в простой волне. Связь u , P и p в простой волне для адиабатического уравнения состояния. Инварианты Римана одномерных уравнений движения идеальной среды.
23. Уравнение простых волн произвольной амплитуды. Его общее решение.
24. Уравнение простых волн для адиабатического уравнения состояния. Его общее решение.
25. Уравнение простых волн при малых числах Маха. Его решение.
26. Что такое ударная волна? Условие образования разрыва в простой волне. Длина образования разрыва.
27. Уравнение Бюргерса в размерных и безразмерных переменных. Его физический смысл. Что такое стационарная волна? Стационарное решение уравнения Бюргерса.
28. Акустическое число Рейнольдса. Подстановка Хопфа-Коула для линеаризации уравнения Бюргерса. Вид линеаризованного уравнения.
29. Уравнение Кортевега - де Вриза в размерных и безразмерных переменных. Его физический смысл. Стационарное решение в форме солитона. Основное свойство солитонов.
30. Система укороченных уравнений для комплексных амплитуд основной волны и второй гармоники в квадратично-нелинейной среде в приближении заданного поля. Зависимость амплитуд основной волны и второй гармоники от расстояния при $\Delta k \neq 0$ и $\Delta k = 0$. Что такое когерентная длина и длина нелинейного взаимодействия при генерации второй гармоники (определение и формула)? При каком соотношении этих величин справедливо приближение заданного поля?
31. Что такое фазовый синхронизм при генерации второй гармоники? Сильное взаимодействие двух гармоник при фазовом синхронизме: система укороченных уравнений для комплексных амплитуд, зависимость амплитуды основной волны и второй гармоники от расстояния, график этой зависимости.
32. Соотношения Мэнли-Роу при трехчастотном взаимодействии ($\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$) для квадратов действительных амплитуд, интенсивностей и числа квантов. Пределы изменения мощной низкочастотной волны, устойчивость. Закон сохранения для числа квантов.
33. Система укороченных уравнений для комплексных амплитуд взаимодействующих волн в приближении заданного поля мощной низкочастотной волны при трехчастотном взаимодействии ($\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$). Ее решение при $\Delta k \neq 0$. Период пространственных осцилляций.
34. Система укороченных уравнений для огибающих волновых пакетов в квадратично-нелинейной среде при трехчастотном взаимодействии. Что такое групповая расстройка? Что такое характерное время запаздывания волновых пакетов? Что такое длина группового запаздывания?
35. Что такое самовоздействие волн? Укороченное уравнение для комплексной амплитуды волны, испытывающей самовоздействие в нелинейной среде. Его решение при учете только нелинейной дисперсии.
36. Что такое самовоздействие волн? Укороченное уравнение для комплексной амплитуды волны, испытывающей самовоздействие в нелинейной среде. Его решение при учете только нелинейного поглощения.
37. Что такое нелинейная рефракция? Уравнение для комплексной амплитуды волнового пучка в кубично-нелинейной среде с учетом дифракции, нелинейной рефракции и без учета поглощения. Фокусное расстояние тонкой нелинейной линзы и расходимость гауссова пучка в среде без поглощения.
38. Что такое нелинейная рефракция? Уравнение для комплексной амплитуды волнового пучка в кубично-нелинейной среде с учетом дифракции, нелинейной рефракции и линейного поглощения. Фокусное расстояние тонкой нелинейной линзы и расходимость гауссова пучка в среде с линейным поглощением.
39. Уравнение для безразмерного радиуса круглого пучка в кубично-нелинейной среде при учете дифракции и нелинейной рефракции. Его решение для пучка с первоначально плоским фазовым фронтом. Угловая расходимость в дефокусирующей среде. Длина самофокусировки в фокусирующей среде.
40. Уравнение для безразмерного радиуса круглого пучка в кубично-нелинейной среде при учете дифракции и нелинейной рефракции. Его решение для пучка с первоначально плоским фазовым фронтом. Что такое полная мощность и что такое критическая мощность круглого гауссова пучка?