

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

А.П. РУСИНОВ

СБОРНИК ЗАДАНИЙ ПО КВАНТОВОЙ РАДИОФИЗИКЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ И САМОПРОВЕРКИ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 537.86:530.145 (07)

ББК 32.86я7

Р 88

Рецензент

кандидат физико-математических наук, доцент Т.М. Чмерева

Русинов, А.П.

Р 88 Сборник заданий по квантовой радиофизике: методические указания для самоподготовки и самопроверки / А.П. Русинов - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009.- 35 с.

Методические указания содержат необходимый минимум теоретических заданий для самопроверки по курсам «Квантовая радиофизика» и «Квантовая электроника» для студентов специальностей 010801 – «Радиофизика и электроника» и 010707 – «Медицинская физика».

© Русинов А.П., 2009

© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Индуцированные и спонтанные переходы. Спектральные линии излучения. Коэффициенты Эйнштейна..... | 3 |
| 2 | Активная среда. Лазеры-усилители. Лазеры-генераторы..... | 9 |
| 3 | Открытые резонаторы. Гауссов пучок его структура и свойства..... | 14 |
| 4 | Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Селекция продольных и поперечных мод..... | 18 |
| 5 | Газовые лазеры. Гелий-неоновый лазер. Ионные лазеры. Лазеры на парах металлов..... | 21 |
| 6 | Молекулярные лазеры. СО ₂ -лазеры..... | 25 |
| 7 | Твердотельные лазеры. Лазеры на красителях..... | 28 |
| 8 | Полупроводниковые лазеры. Диодные инжекционные лазеры. Лазеры на свободных электронах..... | 31 |
| 9 | Литература, рекомендуемая для изучения дисциплины..... | 35 |

1 Индуцированные и спонтанные переходы. Спектральные линии излучения. Коэффициенты Эйнштейна

1.1 Выберите на ваш взгляд правильные соотношения для коэффициентов Эйнштейна

- а) $B_{12}=2B_{21}$,
- б) $g_1B_{12}=g_2B_{21}$,
- в) $A_{12}=A_{21}$,
- г) $A_{21}=B_{21}$,
- д) $A_{21}=1/\tau$,

1.2 На каких, из приведенных ниже постулатов, основывается вывод формулы Планка предложенный Эйнштейном

- а) Свет есть электромагнитная волна,
- б) Существует вынужденное (индуцированное) испускание, скорость которого прямо пропорциональна внешнему полю,
- в) Процессы спонтанной дезактивации не существенны в оптическом диапазоне,
- г) Поглощение и излучение света имеет квантовый характер,
- д) Классическая модель атома дает правильный результат

1.3 Выберите правильное утверждение: Два фотона называются когерентными, если

- а) они имеют одинаковую частоту и движутся в одном направлении,
- б) имеют одинаковую частоту и поляризацию,
- в) имеют одинаковое волновое число и поляризацию,
- г) имеют постоянную разность фаз

1.4 Выберите правильное утверждение: Два монохроматические волны называются когерентными, если

- а) они имеют одинаковую частоту и движутся в одном направлении,
- б) имеют одинаковую частоту и поляризацию,
- в) имеют одинаковое волновое число и поляризацию,
- г) имеют одинаковое волновое число, поляризацию и постоянную разность фаз

1.5 Выберите правильное утверждение:

- а) Индуцировано испущенный фотон когерентен падающему фотону,
- б) Спонтанно испущенные фотоны когерентны между собой,
- в) Индуцировано поглощаются только когерентные фотоны,
- г) Когерентность наступает при столкновении двух фотонов

1.6 Уменьшение коэффициента поглощения вещества с увеличением интенсивности излучения называется:

- а) Нестационарной накачкой,
- б) Некогерентным насыщением поглощения,
- в) Индуцированным усилением,
- г) Законом Бугера

1.7 Причиной некогерентного насыщения поглощения вещества является:

- а) Уменьшение разности населенностей возбужденного и основного уровней,
- б) Уменьшение интенсивности проходящего света,
- в) Квантовый характер переходов между уровнями,
- г) Смена знака коэффициента поглощения вещества

1.8 Выберите правильную зависимость коэффициента поглощения от интенсивности накачки

а) $I = I_0 \cdot \text{Exp}(-\alpha_0 \cdot z)$,

б) $\alpha(I) = \text{const}$,

в) $\alpha(I) = \alpha_0 \cdot I$,

г) $\alpha(I) = \frac{\alpha_0}{1 + I/I_s}$

1.9 Выберите верное продолжение: Доплеровское уширение

- а) является однородным,
- б) является неоднородным,
- в) имеет лоренцев форм-фактор,
- г) имеет гауссов форм-фактор,
- д) не имеет определенного форм-фактора

1.10 Выберите верное продолжение: Естественное уширение

- а) является однородным,
- б) является неоднородным,
- в) имеет лоренцев форм-фактор,
- г) имеет гауссов форм-фактор,
- д) не имеет определенного форм-фактора

1.11 Выберите верное продолжение: Столкновительное уширение

- а) является однородным,
- б) Является неоднородным,
- в) имеет лоренцев форм-фактор,
- г) имеет гауссов форм-фактор,
- д) не имеет определенного форм-фактора

1.12 Фазовая релаксация при соударениях возбужденных молекул в газах является причиной

- а) Доплеровского уширения,
- б) Естественного уширения,
- в) Столкновительного уширения,
- г) Релаксационного уширения
- д) Времяпролетного уширения

1.13 Затухание недиагональных элементов матрицы плотности возбужденных состояний в конденсированных средах является причиной

- а) Доплеровского уширения,
- б) Естественного уширения,

- в) Столкновительного уширения,
- г) Релаксационного уширения,
- д) Времяпролетного уширения

1.14 Хаотическое движение возбужденных молекул в газах является причиной

- а) Доплеровского уширения,
- б) Естественного уширения,
- в) Столкновительного уширения,
- г) Релаксационного уширения
- д) Времяпролетного уширения

1.15 Конечное время взаимодействия возбужденной молекулы с локальным электрическим или магнитным полем является причиной

- а) Доплеровского уширения,
- б) Естественного уширения,
- в) Столкновительного уширения,
- г) Релаксационного уширения
- д) Времяпролетного уширения

1.16 Квантовая природа энергетических уровней атомов и молекул характеризуемая неопределенностями Гейзенберга является причиной

- а) Доплеровского уширения,
- б) Естественного уширения,
- в) Столкновительного уширения,
- г) Релаксационного уширения
- д) Времяпролетного уширения

1.17 Какой тип уширения превалирует в кристаллических активных средах

- а) Доплеровское уширение,
- б) Естественное уширение,
- в) Столкновительное уширение,
- г) Релаксационное уширение,
- д) Времяпролетное уширение

1.18 Какой тип уширения превалирует в сверхохлажденных молекулярных пучках

- а) Доплеровское уширение,
- б) Естественное уширение,
- в) Столкновительное уширение,
- г) Релаксационное уширение,
- д) Времяпролетное уширение

1.19 Какой тип уширения превалирует в приборах вакуумной и плазменной электроники

- а) Доплеровское уширение,
- б) Естественное уширение,
- в) Столкновительное уширение,
- г) Релаксационное уширение,
- д) Времяпролетное уширение

1.20 Какой тип уширения превалирует в сильно разреженных газообразных активных средах при комнатной температуре

- а) Доплеровское уширение,
- б) Естественное уширение,
- в) Столкновительное уширение,
- г) Релаксационное уширение,
- д) Времяпролетное уширение

1.21 Какой тип уширения превалирует в газообразных активных средах при комнатной температуре и давлениях много больше атмосферного

- а) Доплеровское уширение,
- б) Естественное уширение,
- в) Столкновительное уширение,
- г) Релаксационное уширение,
- д) Времяпролетное уширение

1.22 К чему приводит допущение о малости энергии взаимодействия H' по сравнению с суммарной энергией отдельно взятых поля и частицы при выводе коэффициентов Эйнштейна

- а) К использованию первого приближения теории возмущений,
- б) К применению второго приближения теории возмущений,
- в) К пренебрежению полным гамильтонианом системы,
- г) К нестационарности квантовых состояний частицы

1.23 Выберите выражение соответствующее стационарному уравнению Шредингера

а) $i\hbar \frac{dy}{dt} = Hy$,

б) $i\hbar \frac{dy}{dt} = uy$,

в) $y \left[\frac{d^2}{dx^2} + u \right] y = 0$

г) $y_n \left[\frac{d^2}{dx^2} + H_0 \right] y_n = 0$

1.24 Как изменится коэффициент Эйнштейна при увеличении матричного элемента оператора перехода

- а) Линейно уменьшится,
- б) Линейно увеличится,
- в) Квадратично увеличится,
- г) Квадратично уменьшится

1.25 При выводе коэффициентов Эйнштейна подразумевается, что плотность энергии поля теплового излучения описывается формулой

- а) Максвелла,
- б) Планка,
- в) Релея-Джинса,
- г) Эйнштейна

1.26 Верна ли такая связь коэффициента Эйнштейна с матричным

$$B_{21} = \frac{8\pi}{3} \frac{\langle m \rangle^2}{\hbar^2}$$

элементом оператора перехода

- а) Да, если резонансные знаменатели не слишком малы,
- б) Да, но для невырожденных уровней,
- в) Нет,
- г) Да

1.27 Какие характеристики определяют частоту осцилляции населенности когерентного состояния

- а) Длина волны и частота Раби,
- б) Матричный элемент оператора перехода и коэффициент Эйнштейна,
- в) Интенсивность поля накачки и дипольный момент оператора перехода,
- г) Фаза и длина волны

1.28 В интенсивном поле облучения, то есть при малой отстройке ($\delta \ll \Omega_p$), вероятность нахождения частицы на втором уровне после включения поля

- а) Возрастет,
- б) Уменьшится,
- в) Сначала возрастет, а затем уменьшится,
- г) Будет осциллировать

1.29 С какой частотой осциллирует частица между верхним и нижним уровнями в интенсивном поле облучения, таком, что соответствующая ему частота Раби существенно превышает отстройку поля от точного резонанса

- а) С резонансной частотой,
- б) С частотой отстройки,
- в) С частотой Раби,
- г) Осцилляций не будет

1.30 С какой частотой осциллирует частица между верхним и нижним уровнями в малоинтенсивном поле облучения, таком, что соответствующая ему частота Раби существенно меньше отстройки поля от точного резонанса

- а) С резонансной частотой,
- б) С частотой отстройки,
- в) С частотой Раби,
- г) Осцилляций не будет

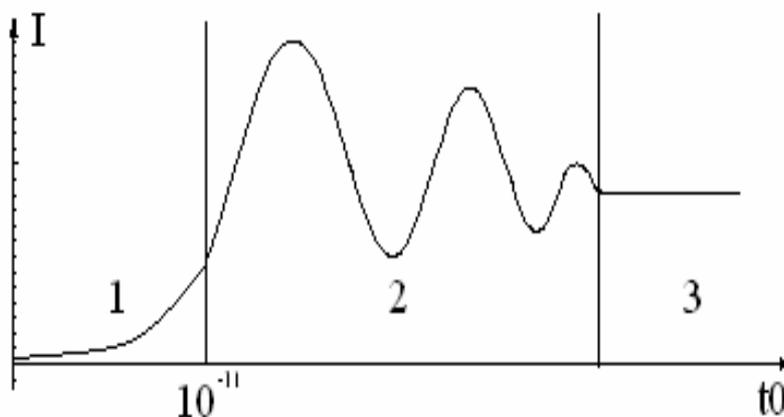
1.31 Квантовомеханический вывод формул для коэффициентов Эйнштейна и частоты Раби справедлив на отрезках времени, малых по отношению к времени жизни верхнего состояния. Это значит, что

- а) Внешнее возмущение велико,
- б) Релаксационные члены не учитываются,
- в) Вероятность нахождения частиц на верхнем уровне близка к нулю,
- г) Коэффициент Эйнштейна не зависит от матричного элемента оператора перехода

1.32 На рисунке приведен график интенсивности от времени описывающий эффект оптической нутации. На каком участке графика

полностью утрачивается квантовая когерентность системы

- а) 1 и 2,
- б) 2,
- в) 3,
- г) 1



1.33 На рисунке приведен график интенсивности от времени описывающий эффект оптической нутации. На каком участке графика имеет место релаксация недиагональных элементов матрицы плотности системы

- а) 1 и 2,
- б) 2,
- в) 3,
- г) 1

2 Активная среда. Лазеры-усилители. Лазеры-генераторы

2.1 Отношение вероятности вынужденного перехода в единицу времени к плотности потока фотонов называется

- а) Параметром поглощения,
- б) Константой поглощения,
- в) Сечением поглощения,
- г) Функционалом поглощения

2.2 Выравнивание населённостей какой-либо пары уровней в результате вынужденных переходов под действием достаточно интенсивного внешнего излучения называется

- а) Эффектом насыщения,
- б) Эффектом выравнивания,
- в) Эффектом релаксации,
- г) Эффектом поглощения

2.3 Населённость называется инверсной, если

- а) Количество атомов на первом уровне N_1 больше, чем количество атомов на втором уровне N_2 ,
- б) $N_1 = N_2 \neq 0$,

- в) $N_1 < N_2$,
- г) $N_1 = 0, N_2 = 0$

2.4 Коэффициент α в законе Бугера $F(z) = F(0) \cdot e^{-\alpha \cdot z}$ называется

- а) Сечением поглощения,
- б) Коэффициентом поглощения,
- в) Функцией поглощения,
- г) Функционалом поглощения

2.5 Можно ли в двухуровневой системе получить инверсную заселённость

- а) Да,
- б) Нет,
- в) Да, но только при очень высоких интенсивностях накачки,
- г) Да, но только при очень большой длительности накачки

2.6 Максимальная эффективность преобразования инверсной населённости в излучение для трёхуровневой среды составляет

- а) 25%,
- б) 50%,
- в) 75%,
- г) 100%

2.7 Максимальная эффективность преобразования инверсной населённости в излучение для четырехуровневой среды составляет

- а) 25%,
- б) 50%,
- в) 75%,
- г) 100%

2.8 Какая схема работы лазера энергетически более выгодна и используется наиболее часто

- а) 2-ух уровневая,
- б) 3-ёх уровневая,
- в) 4-ёх уровневая,
- г) 5-и уровневая

2.9 Данное уравнение $\frac{\partial n_1}{\partial t} = -B_{12}\rho\nu \cdot n_1 + B_{21}\rho\nu \cdot n_2 + A_{21}n_2$ это

- а) Кинетическое уравнение баланса населенностей,
- б) Статистическое уравнение вероятности нахождения частицы,
- в) уравнение Эйнштейна,
- г) уравнение Шредингера

2.10 В уравнении $\frac{\partial n_1}{\partial t} = -B_{12}\rho\nu \cdot n_1 + B_{21}\rho\nu \cdot n_2 + A_{21}n_2$ коэффициенты

B_{12} , B_{21} и A_{21} это

- а) Коэффициенты Дирака,
- б) Коэффициенты Эйнштейна,
- в) Коэффициенты Бозе,
- г) Коэффициенты Фурье

2.11 В среде с инверсией населённости

- а) Интенсивность светового поля возрастает,
- б) Интенсивность светового поля убывает,
- в) Интенсивность светового поля не изменяется,
- г) Световое поле рассеивается

2.12 На чем основана работа лазеров-усилителей

- а) На использовании сред с инверсной населённостью,
- б) На использовании неинверсных сред,
- в) На использовании обратной связи,
- г) На использовании сред с отрицательным поглощением,
- д) На генерации кратных гармоник

2.13 От чего зависит полоса пропускания лазера-усилителя?

- а) От коэффициента Эйнштейна,
- б) От коэффициента теплоёмкости,
- в) От коэффициента пропускания,
- г) От коэффициента самосинхронизации

2.14 Какой характер носит зависимость между входным и выходным сигналами при малом входном сигнале

- а) Линейный,
- б) Экспоненциальный,
- в) Квадратичный,
- г) Логарифмический

2.15 Какой характер носит зависимость между входным и выходным сигналами при большом входном сигнале

- а) Линейный,
- б) Экспоненциальный,
- в) Квадратичный,
- г) Логарифмический

2.16 Чем характеризуется эффект насыщения при импульсном воздействии лазера

- а) Коэффициентом рассеяния,
- б) Энергией насыщения,
- в) Декрементом затухания,
- г) Показателем преломления

2.17 Какая величина перестаёт расти с ростом плотности энергии излучения накачки при наступлении эффекта насыщения

- а) Частота излучения,
- б) Диэлектрическая проницаемость,
- в) Населенность верхнего возбужденного уровня ,
- г) Коэффициент усиления

2.18 В чём отличие лазеров-усилителей от лазеров-генераторов

- а) Наличием колебательного контура в генераторах,
- б) Отсутствием инверсии в усилителях,
- в) Наличием инверсии в усилителях,
- г) Наличием положительной обратной связи в генераторах

2.19 Какова зависимость коэффициента усиления от длины усилителя

- а) Линейная,
- б) Квадратичная,
- в) Экспоненциальная,
- г) Тригонометрическая

2.20 В силу какого условия любой когерентный усилитель обладает принципиально неустраняемыми входными шумами

- а) Соотношения неопределённости Гейзенберга,
- б) Соотношения углов входного и выходного сигналов,
- в) Неоднородного уширения линии,
- г) Равенства между коэффициентами Эйнштейна

2.21 Минимальная мощность дробовых шумов в лазере-усилителе равна

- а) $P = hv$,
- б) $P = Ghv$,
- в) $P = hv/2$,
- г) $P = hv/G$

2.22 Условие самовозбуждения лазера генератора требует, чтобы

- а) потери в резонаторе за один проход были скомпенсированы усилением,
- б) потери в резонаторе за один проход были больше чем усиление,
- в) потери в резонаторе за один проход были меньше чем усиление,
- г) коэффициент усиления по мощности стремился к бесконечности,
- д) коэффициент усиления по мощности стремился к единице

2.23 Лазер-генератор представляет собой

- а) мощный лазер-усилитель,
- б) лазер-усилитель с положительной обратной связью,
- в) лазер-усилитель с отрицательной обратной связью,
- г) СВЧ-прибор

2.24 Действие отражающих поверхностей открытого резонатора можно рассматривать как увеличение пути, проходимого плоской волной в резонаторе (R – коэффициент отражения)

- а) на $1/(1 - R)$,
- б) в $(1 - R)$ раз,
- в) в $1/(1 - R)$ раз,
- г) в R раз

2.25 Энергетическое условие самовозбуждения для проходного резонатора (оба зеркала резонатора – полупрозрачные) записывается как

- а) $RK = 1$,
- б) $RK^2 = 1$,
- в) $R^2K = 1$,
- г) $RK = 0$

2.26 Энергетическое условие самовозбуждения для отражательного генератора (одно зеркало – глухое и одно полупрозрачное) выглядит как

- а) $RK=1$,
- б) $RK^2=1$,
- в) $R^2K=1$,
- г) $RK=0$

2.27 Условие резонанса для открытого лазера-генератора

записывается в виде

- а) $\cos(4\pi L/\lambda) = 0$,
- б) $\cos(2L/\lambda) = 1$,
- в) $\cos(2\pi L/\lambda) = 1$,
- г) $\cos(4\pi L/\lambda) = 1$

2.28 Условие самовозбуждения для лазера-генератора дает баланс

- а) амплитуд,
- б) частот,
- в) фаз,
- г) амплитуд и фаз

2.29 Из наиболее общего определения добротности резонатора следует, что она (добротность) определяется отношением

- а) $Q=2\pi E_{\text{нак}}/E_{\text{тер}}$,
- б) $Q=4\pi E_{\text{нак}}/E_{\text{тер}}$,
- в) $Q=2\pi E_{\text{тер}}/E_{\text{нак}}$,
- г) $Q=4\pi E_{\text{тер}}/E_{\text{нак}}$

2.30 Как можно сформулировать условие самовозбуждения для лазера-генератора любого типа?

- а) Усиление в активном веществе за один проход излучения через систему и все потери за тот же проход должны быть равны,
- б) Усиление в активном веществе за эффективный проход излучения через систему должно превышать все потери за тот же проход,
- в) Усиление в активном веществе за эффективный проход излучения через систему должно быть равно потерям на полезное излучение наружу за тот же проход,
- г) Усиление в активном веществе за эффективный проход излучения через систему должно превышать потери на полезное излучение наружу за тот же проход

2.31 Максимальная выходная мощность лазера определяется как

- а) $P_{OUT} = P_{IN} \beta / \alpha_0$,
- б) $P_{OUT} = P_{IN} \alpha_0 / \beta$,
- в) $P_{OUT} = P_{IN} / \beta \alpha_0$,
- г) $P_{OUT} = P_{IN} \beta \alpha_0$

2.32 Максимальная выходная интенсивность импульсного лазера определяется как

- а) $W_{OUT} = W_{IN} \beta / \alpha_0$,
- б) $W_{OUT} = W_{IN} \alpha_0 / \beta$,

в) $W_{OUT} = W_{IN} / \beta\alpha_0$,

г) $W_{OUT} = W_{IN} \beta\alpha_0$

2.33 Частота генерации лазера при широкой полосе спектральной характеристики резонатора и узкой линии усиления активной среды близка к

а) частоте максимума усиления активной среды ,

б) частоте максимума спектральной характеристики резонатора, в) средней между ними частоте,

г) частоте излучения накачки

2.34 Частота генерации лазера при широкой полосе усиления активной среды и узкой линии спектральной характеристики резонатора близка к

а) частоте максимума усиления активной среды,

б) частоте максимума спектральной характеристики резонатора,

в) средней между ними частоте,

г) частоте излучения накачки

2.35 Частота генерации лазера при сравнимых между собой по ширине полосе усиления активной среды и полосе спектральной характеристики резонатора близка к

а) частоте максимума усиления активной среды,

б) частоте максимума спектральной характеристики резонатора,

в) средней между ними частоте,

г) частоте излучения накачки

3 Открытые резонаторы. Гауссов пучок его структура и свойства

3.1 В оптическом диапазоне резонатор с размерами порядка длины волны не может быть применен в силу из-за

а) резкого падения добротности,

б) технологических трудностей изготовления,

в) малой мощности,

г) изотропности излучения

3.2 Резонатор типа замкнутой металлической полости больших по сравнению с длиной волны размеров не может быть применен в силу

а) высокой плотности его собственных колебаний, приводящей к потере резонансных свойств,

б) резкого падения добротности,

в) невозможности произвести,

г) малой мощности

3.3 В квантовой электронике оптический резонатор

а) формирует временные и пространственные его характеристики излучения,

б) формирует временные характеристики излучения,

в) формирует пространственные характеристики излучения,

г) не формирует характеристик излучения

3.4 В оптическом диапазоне используются резонаторы с размерами

- а) много большими длины волны,
- б) много меньшими длины волны,
- в) Порядка длинны волны,
- г) с различными размерами

3.5 Число Френеля равно

- а) $N_F = a^2/\lambda$,
- б) $N_F = a/l\lambda$,
- в) $N_F = a^2/l\lambda$,
- г) $N_F = na^2/l\lambda$

3.6 Мода резонатора — это

- а) распределение электромагнитного поля в резонаторе, воспроизводящееся при многократном распространении волны между зеркалами резонатора,
- б) распределение электрического поля в резонаторе, воспроизводящееся при многократном распространении волны между зеркалами резонатора,
- в) распределение магнитного поля в резонаторе, воспроизводящееся при многократном распространении волны между зеркалами резонатора
- г) распределение электрического поля в резонаторе, не воспроизводящееся при многократном распространении волны между зеркалами резонатора

3.7 Как дифракционные потери зависят от числа Френеля

- а) прямо пропорционально,
- б) прямо пропорционально квадрату числа Френеля,
- в) обратно пропорционально,
- г) экспоненциально

3.8 Открытые резонаторы типа интерферометров Фабри—Перо как с плоскими, так и с вогнутыми зеркалами характеризуются

- а) дискретным набором колебательных мод,
- б) непрерывным набором колебательных мод,
- в) в зависимости от мощности излучения как дискретным так и непрерывным набором колебательных мод,
- г) в зависимости от частоты излучения как дискретным так и непрерывным набором колебательных мод

3.9 Электромагнитные волны, соответствующие собственным модам резонатора

- а) почти полностью поперечны,
- б) почти полностью продольны,
- в) имеют плоскую поляризацию,
- г) имеют круговую поляризацию

3.10 Моды более высокого порядка

- а) всегда имеют более высокие дифракционные потери, чем основная мода,
- б) всегда имеют более низкие дифракционные потери, чем основная мода,
- в) дифракционные потери моды не зависят от порядка,
- г) дифракционные потери моды имеют сложную зависимость от порядка

3.11 Основная функция резонаторов в лазере

- а) усиление амплитуды волны,

- б) выделение пространственно-частотных характеристик излучения,
- в) генерация колебаний, обладающих наименьшими потерями в активной среде,
- г) генерация волн с максимальной амплитудой

3.12 Какой метод расчёта резонаторов является самым простым

- а) матричный,
- б) решение волнового уравнения с помощью разделения переменных,
- в) решение задачи дифракции лазерного пучка,
- г) расчёт с заданным КПД

3.13 В чём преимущество конфокального резонатора по сравнению с резонатором Фабри-Перо

- а) относительная простота изготовления,
- б) удобство юстировки,
- в) более разреженный спектр продольных мод,
- г) более разреженный спектр поперечных мод,
- д) лучшее условие самовозбуждения

3.14 Спектр мод конфокального резонатора является

- а) вырожденным,
- б) сплошным,
- в) полосатым,
- г) невырожденным

3.15 Выберите правильную формулу для радиуса пучка в фокальной плоскости

- а) $\omega_0 = \sqrt{l/2k}$,
- б) $\omega_0 = \sqrt{2l/k}$,
- в) $\omega_0 = \sqrt{2kl}$,
- г) $\omega_0 = \sqrt{k/2l}$

3.16 Чем определяется расходимость лазерного пучка в основной моде

- а) поперечным размером резонатора,
- б) продольным размером резонатора,
- в) точностью юстировки,
- г) амплитудой волны

3.17 Что определяет потери резонатора на излучение

- а) поглощение излучения материалом линз,
- б) поглощение зеркалами,
- в) расстояния между зеркалами,
- г) радиусы кривизны линз

3.18 Недостаток конфокального резонатора

- а) большие потери интенсивности света,
- б) невозможность создания очень тонкого лазерного луча,
- в) применимость только в случае активных сред с большим усилением,
- г) переходный характер устойчивости

3.19 Простейший метод селекции продольных мод резонатора

- а) метод различия по частоте,
- б) метод зависимости усиления активного вещества лазера,
- в) метод одночастотной генерации,
- г) метод регистрации затухающей амплитуды

3.20 Какой из приведенных ниже типов резонаторов является полностью устойчивым

- а) резонатор Фабри-Перо,
- б) полуконфокальный резонатор,
- в) конфокальный резонатор,
- г) телескопический резонатор

3.21 Какой из приведенных ниже типов резонаторов является полностью неустойчивым

- а) резонатор Фабри-Перо,
- б) полуконфокальный резонатор,
- в) конфокальный резонатор,
- г) телескопический резонатор

3.22 Резонатор Фабри-Перо

- а) является полностью устойчивым,
- б) является полностью неустойчивым,
- в) находится на границе устойчивости и неустойчивости,
- г) устойчивость зависит от других параметров резонатора

3.23 Конфокальный резонатор

- а) является полностью устойчивым,
- б) является полностью неустойчивым,
- в) находится на границе устойчивости и неустойчивости,
- г) устойчивость зависит от других параметров резонатора

3.24 Полуконфокальный резонатор

- а) является полностью устойчивым,
- б) является полностью неустойчивым,
- в) находится на границе устойчивости и неустойчивости,
- г) устойчивость зависит от других параметров резонатора

3.25 Телескопический резонатор

- а) является полностью устойчивым,
- б) является полностью неустойчивым,
- в) находится на границе устойчивости и неустойчивости,
- г) устойчивость зависит от других параметров резонатора

3.26 Какой из перечисленных параметров зависит от типа оптического резонатора и формы зеркал?

- а) модуль степени пространственной когерентности,
- б) корреляционная функция,
- в) распределение амплитуд,
- г) радиус корреляции

3.27 Наиболее простой вид распределения амплитуды

$$A_{m,n}(\mathbf{r}) = A_{m,n}(x,y) = h_{m,n} f_m(x) f_n(y) \quad \text{где} \quad f_m(x) = \begin{cases} \cos \beta_m x, & m = 1,3 \\ \sin \beta_m x, & m = 2,4 \end{cases} \quad \text{имеет}$$

- а) плоский резонатор (случай прямоугольных зеркал),
- б) конфокальный резонатор (случай круглых зеркал),
- в) конфокальный резонатор (случай прямоугольных зеркал),
- г) плоский резонатор (случай круглых зеркал)

4 Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Селекция продольных и поперечных мод

4.1 Конфокальный резонатор состоит из

- а) одного выпуклого и одного вогнутого зеркала,
- б) двух вогнутых зеркал,
- в) одного плоского и одного вогнутого зеркала,
- г) двух плоских зеркал

4.2 Полуконфокальный резонатор состоит из

- а) одного выпуклого и одного вогнутого зеркала,
- б) двух вогнутых зеркал,
- в) одного плоского и одного вогнутого зеркала,
- г) двух плоских зеркал

4.3 Резонатор Фабри-Перо состоит из

- а) одного выпуклого и одного вогнутого зеркала,
- б) двух вогнутых зеркал,
- в) одного плоского и одного вогнутого зеркала,
- г) двух плоских зеркал

4.4 Телескопический резонатор состоит из

- а) одного выпуклого и одного вогнутого зеркала,
- б) двух вогнутых зеркал,
- в) одного плоского и одного вогнутого зеркала,
- г) двух плоских зеркал

4.5 Неустойчивые резонаторы могут быть применены

- а) во всех лазерах,
- б) только в аргоновых лазерах,
- в) только в химических лазерах,
- г) в лазерах, активная среда которых обладает большим усилением

4.6 В неустойчивом резонаторе

- а) поле не сосредоточено вблизи оси резонатора,
- б) поле сосредоточено вблизи оси резонатора,
- в) поле сосредоточено вблизи зеркал,
- г) поле периодически меняет локализацию

4.7 В устойчивом резонаторе

- а) поле не сосредоточено вблизи оси резонатора,
- б) поле сосредоточено вблизи оси резонатора,

- в) поле сосредоточено вблизи зеркал,
- г) поле периодически меняет локализацию

4.8 Угол определяющий расхождение лазерного пучка определяется по формуле

- а) $\theta = 1/k\omega_0^2$,
- б) $\theta = \omega_0/k$,
- в) $\theta = 1/k\omega_0$,
- г) $\theta = k/\omega_0$

4.9 Выберите правильное утверждение

- а) собственные колебания резонатора называют модами ,
- б) собственные колебания резонатора называют гармониками,
- в) собственные колебания резонатора называют устойчивыми резонаторами,
- г) собственные колебания резонатора называют частотами генерации

4.10 Число Френеля определяется формулой

- а) $N_F = a^2 / (l - \lambda)$,
- б) $N_F = a^2 l / \lambda$,
- в) $N_F = a^2 / (l + \lambda)$,
- г) $N_F = a^2 / l \lambda$

4.11 Открытые резонаторы характеризуются дискретным набором колебательных мод только для

- а) плоских зеркал,
- б) любых зеркал,
- в) вогнутых зеркал,
- г) выпуклых зеркал

4.12 Выберите правильное утверждение

- а) однородные плоские волны являются нормальными модами открытых резонаторов,
- б) однородные плоские волны не являются нормальными модами открытых резонаторов,
- в) неоднородные плоские волны не являются нормальными модами открытых резонаторов,
- г) неоднородные плоские волны являются нормальными модами открытых резонаторов

4.13 Спектр генерации продольных мод лазера без синхронизации состоит из

- а) одного короткого импульса,
- б) нескольких эквидистантных импульсов одинаковой амплитуды,
- в) нескольких импульсов нерегулярных во времени со случайными амплитудами,
- г) нескольких эквидистантных импульсов со случайными амплитудами

4.14 Выберите правильное утверждение режим синхронизации мод обеспечивается

- а) одновременным участием в процессе генерации большого числа мод,
- б) строгой эквидистантностью спектра частот генерируемых мод,

- в) жесткой синхронизацией фаз мод,
- г) верны все варианты

4.15 Причиной эффекта затягивания мод является

- а) некогерентное насыщение поглощения,
- б) акустические и температурные колебания резонатора,
- в) аномальная (резонансная) дисперсия активной среды лазера,
- г) неоднородность активной среды лазера

4.16 При каком соотношении между неоднородным уширением генерационного перехода $\Delta\nu_{\text{л}}$ и расстоянием между модами $\Delta\nu_{\text{q}}$ возникает генерация на нескольких частотах?

- а) $\Delta\nu_{\text{л}} = \Delta\nu_{\text{q}}$,
- б) $\Delta\nu_{\text{л}} > \Delta\nu_{\text{q}}$,
- в) $\Delta\nu_{\text{л}} < \Delta\nu_{\text{q}}$,
- г) $\Delta\nu_{\text{л}} \ll \Delta\nu_{\text{q}}$

4.17 Выберите правильное утверждение: активная синхронизация – это

- а) синхронизация мод в случае внешней принудительной модуляции параметров резонатора,
- б) синхронизация мод при помощи просветляющихся фильтров, помещенных в резонатор лазера,
- в) самосинхронизация,
- г) метод селекции продольных мод лазера

4.18 В случаях, когда синхронизация осуществляется с помощью насыщающихся поглотителей (просветляющихся фильтров), помещенных в резонатор лазера, то она называется:

- а) активная синхронизация,
- б) самосинхронизация,
- в) вынужденная синхронизация,
- г) пассивная синхронизация

4.19 Синхронизация, которая вызывается нелинейными свойствами активной среды лазера, носит название

- а) активная синхронизация,
- б) самосинхронизация,
- в) нелинейная синхронизация,
- г) пассивная синхронизация

4.20 Метод модуляции добротности позволяет:

- а) стабилизировать частоту лазерного излучения,
- б) получать непрерывное излучение большой мощности,
- в) получать одиночные короткие лазерные импульсы большой мощности,
- г) перестраивать частоту излучения лазера

4.21 Каким уширением линии усиления обусловлен эффект Беннета?

- а) столкновительным уширением
- б) естественным уширением,
- в) доплеровским уширением,
- г) релаксационным уширением

- 4.22 Явление лэмбовского провала используется для
- а) синхронизации мод лазера,
 - б) эффективной стабилизации частоты лазерного излучения,
 - в) селекции мод лазера;
 - г) метода спектроскопии насыщения,
 - д) перестройки частоты лазера

5 Газовые лазеры. Гелий-неоновый лазер. Ионные лазеры. Лазеры на парах металлов

5.1 Атомы какого газа являются рабочим веществом в гелий-неоновом лазере

- а) He,
- б) Ne,
- в) He и Ne,
- г) у этого лазера нет рабочего вещества

5.2 Атомы какого газа в гелий-неоновом лазере выполняют роль донора энергии

- а) He,
- б) Ne,
- в) He и Ne,
- г) в этом лазере не происходит передачи возбуждения

5.3 На переходах какого атома происходит генерация излучения в гелий-неоновом лазере

- а) He,
- б) Ne,
- в) He и Ne,
- г) в этом лазере нет генерации

5.4 Какова схема уровней He-Ne лазере?

- а) уровни одиночные и не имеют подуровней,
- б) уровни обладают небольшим количеством подуровней,
- в) уровни состоят из множества подуровней,
- г) He-Ne лазер имеет только основной уровень

5.5 Каковы рабочие длины волн в He-Ne лазере?

- а) ≈ 3400 нм,
- б) ≈ 1060 нм,
- в) ≈ 630 нм,
- г) ≈ 530 нм,
- д) ≈ 1150 нм

5.6 В He-Ne лазере имеет место конкуренция генерации между длинами волн

- а) 530 и 1060 нм,
- б) 1150 и 3400 нм,

в) 630 нм и 3400 нм,

г) 630 и 1150 нм

5.7 Каковы типичные размеры He-Ne лазера?,

а) 10^{-4} - 10^{-2} м,

б) 0,15 - 0,5 м,

в) 0,5 – 10 м,

г) 10-50 м

5.8 КПД He-Ne лазера лежит в диапазоне

а) 0,1-0,01 %,

б) 1-3 %,

в) 5-10 %,

г) 10-20 %

5.9 Для газообразной активной среды не характерно

а) высокая однородность,

б) узость спектральных линий,

в) большой коэффициент усиления,

г) прозрачность в широчайшем диапазоне длин волн,

д) релаксационный характер уширения линий

5.10 Для газообразной активной среды не характерно

а) низкая однородность,

б) сильно уширенные спектральные линии,

в) малый коэффициент усиления,

г) прозрачность в широчайшем диапазоне длин волн,

д) Доплеровский характер уширения линий

5.11 Для газообразной активной среды не характерно

а) низкая однородность,

б) узость спектральных линий,

в) малый коэффициент усиления,

г) узкий диапазон длин волн генерации,

д) Доплеровский характер уширения линий

5.12 Для газообразной активной среды характерно

а) низкая однородность,

б) сильно уширенные спектральные линии,

в) малый коэффициент усиления,

г) узкий диапазон длин волн генерации,

д) Доплеровский характер уширения линий

5.13 Главным преимуществом He-Ne лазера является

а) высокий КПД,

б) малые вес и размеры,

в) малая ширина линии генерации,

г) высокая мощность пучка,

д) малая расходимость пучка

5.14 Особенность конструкции аргонового лазера обусловлена тем, что для его работы требуется (для ионизации нейтральных атомов аргон

а) пропускать через газ

- а) ток малой плотности,
- б) ток большой плотности,
- в) ток средней плотности,
- г) излучение высокой частоты

5.15 Для аргонового лазера необходима эффективная система теплоотвода от газоразрядной трубки так как через газ проходит

- а) излучение высокой частоты,
- б) ток большой плотности,
- в) ток средней плотности,
- г) ток малой плотности

5.16 Инверсия населенности в аргоновом лазере возникает благодаря

- а) интенсивной ионизации атомов аргона,
- б) преимущественному очищению нижнего рабочего уровня,
- в) резонансной передачи возбуждения,
- г) возбуждению ионов при их соударении со стенками трубки,
- д) уменьшению температуры в газоразрядной трубке

5.17 Верхний уровень $4p$, имеющий по сравнению с нижним уровнем $4s$ большее время жизни, заселяется ионами аргона за счет

- а) их столкновения с быстрыми электронами в газовом разряде,
- б) переходов возбужденных ионов из группы расположенных выше уровней $5p$,
- в) быстрого опустошения уровня $5p$,
- д) большего времени жизни чем $5p$,
- д) всех указанных процессов

5.18 Для чего в разрядном промежутке с помощью магнитов создаётся магнитное поле, которое сжимает разряд и не дает ему касаться стенок капилляра?

- а) для наведения магнитного момента электронов,
- б) для рассредоточения электронов по всему капилляру,
- в) для уменьшения концентрации электронов в центре капилляра,
- г) для увеличения концентрации электронов в центре капилляра

5.19 Для чего катодную и анодную полости газоразрядной трубки соединяют обводной трубкой, обеспечивающей циркуляцию газа?

- а) для гашения разряда,
- б) для увеличения давления на катоде,
- в) для выравнивания давления по длине капилляра,
- г) для увеличения давления на аноде

5.20 Что может привести к гашению разряда в газоразрядной трубке?

- а) значительное повышение давления газа у катода при перемещении газа от анода к катоду,
- б) значительное повышение давления газа у анода при перемещении газа от катода к аноду,
- в) циркуляция газа,
- г) равномерное давление газа по всему капилляру

5.21 За счет чего возрастает долговечность капилляра при использовании высокочастотного возбуждения?

- а) ионы, бомбардирующие его стенки, при движении в высокочастотном поле приобретают большую скорость,
- б) ионы, бомбардирующие его стенки, при движении в высокочастотном поле не успевают приобрести большой скорости.,
- в) ионы, бомбардирующие его стенки, не могут проходить сквозь высокочастотное поле,
- г) ионы не бомбардируют стенки капилляра в высокочастотном поле

5.22 Недостатки мощных аргоновых лазеров?

- а) малый КПД,
- б) узкий круг применения,
- в) большая потребляемая и рассеиваемая мощность,
- г) сложность конструкции,
- д) низкая мощность излучения

5.23 Какие особенности имеет аргоновый лазер в сравнении с гелий-неоновым?

- а) высокий КПД,
- б) кривая коэффициентов усиления в разряде постоянного газа асимметрична из-за доплеровского сдвига,
- в) на много дешевле,
- в) коэффициент усиления в разряде равен единице

5.24 Какой лазер выделяется среди ионных лазеров на благородных газах за счёт наибольшей мощности излучения в непрерывном режиме

- а) неоновый,
- б) аргоновый,
- в) криптоновый,
- г) ксеноновый

5.25 Наиболее распространённый лазер среди лазеров на парах металлов

- а) медный,
- б) золотой,
- в) гелий-кадмиевый,
- г) свинцовый

5.26 В чём преимущество лазера на парах меди

- а) наибольшая пиковая мощность в импульсном режиме,
- б) наибольшая средняя мощность в импульсно-непрерывном режиме,
- в) наибольший КПД,
- г) наибольшая мощность в зелёном диапазоне

5.27 При какой температуре происходит генерация излучения медного лазера

- а) 1000°C ,
- б) 2000°C ,
- в) 1500°C ,
- г) 600°C

5.28 Какова пиковая мощность медного лазера в импульсном режиме при длительности импульсов в 5-10 нс

- а) 200 кВт,
- б) 2 кВт,
- в) 1000 кВт,
- г) 20 кВт

5.29 КПД медного лазера составляет

- а) менее 0,1%,
- б) 1-2%,
- в) 5-10 %,
- г) 10-20%

5.30 Для чего используется катафорез

- а) для предотвращения перекачки электронов с катода,
- б) для предотвращения перекачки ионов с анода,
- в) для перемещения ионов металла через всю систему от анода к катоду с контролируемой скоростью,
- г) для защиты катода

5.31 В чём особенность пеннинговской ионизации

- а) не обязателен точный резонанс возбужденных состояний,
- б) необходим точный резонанс возбужденных состояний,
- в) энергия возбуждения атома А превосходит энергию ионизации атома В,
- г) возбужденное состояние должно быть метастабильным

5.32 В чём преимущество гелий-кадмиевого лазера

- а) низкий порог возбуждения,
- б) не требует водяного охлаждения,
- в) синее свечение,
- г) высокая монохроматичность и когерентность

5.33 Примерная выходная мощность гелий-кадмиевого лазера

- а) 1-10 мВт,
- б) 10-50 мВт,
- в) 100-300 мВт,
- г) 1-10 Вт

6 Молекулярные лазеры. CO₂-лазеры

6.1 Какова природа и вид спектра в видимой и УФ областях

- а) полосатые электронные спектры,
- б) полосатые колебательные спектры,
- в) линейчатые вращательные спектры,
- г) линейные внутриядерные спектры

6.2 Какова природа и вид спектра в ИК области

- а) полосатые электронные спектры,
- б) полосатые колебательные спектры,
- в) линейчатые вращательные спектры,
- г) линейные внутриядерные спектры

6.3 Какова природа и вид спектра в далекой ИК и в микроволновых областях

- а) полосатые электронные спектры,
- б) полосатые колебательные спектры,
- в) линейчатые вращательные спектры,
- г) линейные внутриядерные спектры

6.4 У рабочего вещества мощных газовых лазеров с высоким КПД верхний рабочий уровень должен иметь

- а) сравнительно большое время жизни,
- б) сравнительно малое время жизни,
- в) время жизни порядка 1с,
- г) время жизни порядка 100 с.

6.5 Высокий КПД может быть обеспечен, если нижний уровень расположен

- а) низко, но не слишком низко, чтобы не быть заселенным термически,
- б) высоко, но при этом должен быть заселен термически,
- в) низко, но при этом должен быть заселен термически,
- г) высоко, но не слишком высоко, чтобы быть заселенным термически

6.6 По мере увеличения амплитуды колебаний двухатомная молекула ставится

- а) менее жесткой и ее эффективный размер увеличивается,
- б) более жесткой и ее эффективный размер увеличивается,
- в) более жесткой и ее эффективный размер уменьшается,
- г) более жесткой

6.7 Время вращательной релаксации в CO_2 -лазере

- а) не превышает времени между газокинетическими столкновениями,
- б) порядка 1с,
- в) Много больше времени между газокинетическими столкновениями,
- г) порядка 100 с

6.8 В CO_2 -лазере CO_2 обеспечивает

- а) накачку верхнего уровня,
- б) излучение,
- в) опустошение нижнего уровня,
- г) возбуждение молекул азота

6.9 В CO_2 -лазере N_2 обеспечивает

- а) накачку верхнего уровня,
- б) излучение,
- в) опустошение нижнего уровня,
- г) возбуждение атомов гелия

6.10 В CO_2 -лазере He обеспечивает

- а) накачку верхнего уровня,
- б) излучение,
- в) опустошение нижнего уровня,
- г) возбуждение молекул азота

6.11 Выберите правильное утверждение

- а) в одной колебательной полосе наблюдаются R- и P-ветви генерации,
- б) в одной колебательной полосе не могут наблюдаться R- и P-ветви генерации,
- в) в одной колебательной полосе наблюдается только P-ветви генерации,
- г) В одной колебательной полосе наблюдается только R-ветви генерации

6.12 Расстояние между отдельными вращательными линиями составляет величину

- а) больше 2 см^{-1} ,
- б) больше 2 см ,
- в) меньше 2 см ,
- г) меньше 2 см^{-1}

6.13 Накачка CO_2 -лазера осуществляется

- а) Продольным газовым разрядом,
- б) Поперечным газовым разрядом,
- в) Газодинамически, через дозвуковое сопло,
- г) Газодинамически, через сверхзвуковое сопло,
- д) УФ излучением

6.14 CO_2 -лазеры типа ТЕА

- а) работают при атмосферном давлении,
- б) работают при давлении ниже атмосферного,
- в) работают при давлении намного ниже атмосферного,
- г) работают при давлении намного выше атмосферного

6.15 Энергия в импульсе ТЕА CO_2 -лазера составляет,

- а) 1-100 мДж,
- б) 1-10 Дж,
- в) 10- 1000 Дж,
- г) 1-10 кДж

6.16 Длительность импульса в зависимости от состава газовой смеси ТЕА CO_2 -лазера составляет

- а) 10-100 нс,
- б) 100-1000 нс,
- в) 1-10 мкс,
- г) 10-1000 мкс

6.17 В газодинамических лазерах источником энергии служат

- а) тепловая энергия газа, равновесно нагретого до высокой температуры,
- б) тепловая энергия газа, не равновесно нагретого до высокой температуры,
- в) тепловая энергия газа, равновесно охлажденного до низкой температуры,
- г) тепловая энергия газа, не равновесно охлажденного до низкой температуры,

6.18 Основным достоинством газодинамических лазеров является их высокая выходная мощность в непрерывном режиме работы, достигающая

- а) 0.01-1 Вт,
- б) $1-10^2$ Вт,

- в) 10^2 - 10^4 Вт,
- г) 10^4 - 10^6 Вт

6.19 Газодинамический метод создания инверсии получил основное развитие применительно к

- а) Ионным лазерам,
- б) Рубиновым лазерам,
- в) Гелий-неоновым лазерам,
- г) CO_2 -лазерам

7 Твердотельные лазеры. Лазеры на красителях

7.1 Какому воздействию подвергаются примесные ионы, внедрённые в решётку кристаллической матрицы?

- а) Воздействию рентгеновского излучения,
- б) Бомбардировке электронами,
- в) Воздействию внутрикристаллического поля,
- г) Давлению идеального ферми-газа

7.2 Что приводит к неоднородному уширению линий соответствующих переходов для кристалла в целом?

- а) Эффект Доплера,
- б) Пространственная неоднородность кристалла,
- в) Комптоновское рассеяние,
- г) Изотропность кристаллической структуры

7.3 Какое поле не разрушает связь между орбитальным и спиновым моментами электронов иона?

- а) Слабое электростатическое поле кристалла,
- б) Электрическое поле иона,
- в) Сильное поле кулоновского отталкивания,
- г) Сильное поле кулоновского притяжения

7.4 Изменяя температуру кристалла можно менять?

- а) Частоту линии,
- б) Время релаксации,
- в) Квантовый выход
- г) Частоту генерации

7.5 Во что преобразуется световая энергия высокотемпературного источника излучения сплошного спектра в рубиновом лазере?

- а) В квантовую точку,
- б) В импульс лазера,
- в) В монохроматическую волну;
- г) В рубиновый стержень

7.6 Что служит активной средой импульсных лазеров высокой энергии?

- а) Ионы NaCl ,
- б) Неодимовое стекло,

- в) Поверхность кристалла,
- г) Металлические зеркала

7.7 Что является главным преимуществом неодимового стекла при использовании его в оптических приборах?

- а) Низкая теплопроводность,
- б) Высокий показатель преломления,
- в) Наличие термоупругих напряжений,
- г) Оптическая однородность

7.8 Какие активные среды обладают наибольшей лучевой стойкостью?

- а) Неодимовое стекло,
- б) Кристалл иттрий-алюминиевого граната,
- в) Кристалл рубина,
- г) Кварцевое стекло

7.9 Как называется нелинейный эффект заключающийся в том, что интенсивное лазерное поле так меняет показатель преломления прозрачного материала, что в нем образуется эффективная линза, увеличивающая плотность поля в среде?

- а) Генерация второй гармоники,
- б) Эффект Штарка,
- в) Эффект самофокусировки,
- г) Эффект оптического пробоя

7.10 Чем рубиновый лазер отличается от неодимового?

- а) наличием активной среды,
- б) отсутствием активной среды,
- в) трехуровневой схемой генерации в отличие от четырехуровневой у неодимового лазера,
- г) четырехуровневой схемой генерации в отличие от трехуровневой у неодимового лазера

7.11 В каком диапазоне работают лазеры на красителях

- а) от ближнего ИК до ближнего УФ,
- б) от рентгеновского до ИК,
- в) от 380 нм до 555 нм,
- г) только в УФ диапазоне

7.12 Что является характерной особенностью лазеров на красителях

- а) многочастотное излучение,
- б) большой КПД,
- в) возможность плавной перестройки длины волны,
- г) малая расходимость излучения

7.13 Почему нельзя изобразить схему энергетических уровней лазера на красителях

- а) нет возможности точно установить населенности уровней,
- б) потому что волновые функции многоатомных молекул не известны,
- в) число колебательных степеней свободы равно единице,
- г) число энергетических уровней бесконечно велико

7.14 Если молекула переходит с нижнего синглетного возбужденного уровня в основное состояние, испустив фотон, то это явление называется

- а) безызлучательной релаксацией,
- б) флуоресценцией,
- в) интеркомбинационной конверсией,
- г) фосфоресценцией

7.15 Если молекула переходит с нижнего синглетного возбужденного уровня в возбужденное триплетное состояние, без испускания фотона, то этот процесс называется

- а) безызлучательной релаксацией,
- б) флуоресценцией,
- в) интеркомбинационной конверсией,
- г) фосфоресценцией

7.16 Если молекула переходит с нижнего триплетного возбужденного уровня в основное состояние, испустив фотон, то это явление называется

- а) безызлучательной релаксацией,
- б) флуоресценцией,
- в) интеркомбинационной конверсией,
- г) фосфоресценцией

7.17 Какой принцип должен выполняться при спонтанном излучении в свободном пространстве при условии, что возбужденный краситель не помещен в резонатор

- а) Франка-Кондона,
- б) наименьшего действия,
- в) тождественности частиц,
- г) нет верного ответа

7.18 Чему пропорциональна скорость перекачки частиц с основного на возбужденный синглетный уровень

- а) длине волны излучения,
- б) волновой функции,
- в) мощности оптической накачки,
- г) перестройке частоты излучения

7.19 В чем заключается особенность лазерной накачки красителей в импульсном режиме

- а) осуществляется режим генерации ультракоротких импульсов (наносекундный диапазон),
- б) понижается интенсивность излучения,
- в) увеличивается проникающая способность,
- г) происходит фотолиз красителя

7.20 Какие лазеры позволяют достигать предельно высокой монохроматичности излучения

- а) твердотельные лазеры,
- б) ионные лазеры,
- в) лазеры на красителях,
- г) полупроводниковые лазеры

7.21 С помощью чего осуществляется перестройка длины волны излучения лазеров на красителях

- а) колебательных контуров,
- б) термостатов,
- в) дисперсионных резонаторов,
- г) кольцевых резонаторов

8 Полупроводниковые лазеры. Диодные инжекционные лазеры. Лазеры на свободных электронах

8.1 Длина волны диодных полупроводниковых лазеров определяется переходами между

- а) дискретными уровнями энергии атомов,
- б) зонами разрешенных состояний,
- в) дискретными уровнями энергии молекул,
- г) между колебательными подуровнями одного электронного уровня молекулы

8.2 Наиболее точной и безынерционной перестройкой инжекционного полупроводникового лазера является

- а) температурная,
- б) токовая,
- в) перестройка давлением,
- г) совместная перестройка давлением и температурой

8.3 Какой из перестроек диодного полупроводникового лазера не существует

- а) токовой,
- б) перестройки давлением,
- в) концентрационной,
- г) температурной

8.4 Для КПД диодного полупроводникового лазера справедливо соотношение (E_g – ширина запрещенной зоны, E_d – падение напряжения на диоде, $\eta_{\text{внутр}}$ – квантовый выход рекомбинационного излучения):

а) $\eta = \eta_{\text{внутр}} \frac{E_g}{E_d}$,

б) $\eta = \eta_{\text{внутр}} \frac{E_d}{E_g}$,

в) $\eta = \frac{E_d}{E_g \eta_{\text{внутр}}}$,

г) $\eta = \frac{E_g}{E_d \eta_{\text{внутр}}}$

8.5 Как называется периодическая структура, создающая магнитное поле в лазере на свободных электронах

- а) модулятор,
- б) генератор,
- в) ускоритель,
- г) ондулятор

8.6 Инжекционные лазеры и лазеры на гетероструктурах относятся к типу

- а) газовых лазеров,
- б) лазеров на красителях,
- в) полупроводниковых лазеров,
- г) химических лазеров

8.7 Применение для полупроводниковых лазеров анизотропных гетеропереходов привело к

- а) возможности работать в непрерывном режиме при комнатных температурах,
- б) ухудшению характеристик полупроводникового лазера,
- в) увеличению пороговой плотности тока,
- г) снижению рабочей температуры

8.8 К чему приводит всестороннее сжатие диода в инжекционном лазере

- а) к увеличению ширины запрещенной зоны,
- б) к увеличению длины волны генерируемого излучения,
- в) к понижению температуры,
- г) к уменьшению длины волны генерируемого излучения

8.9 Что из перечисленного не является достоинством лазера на свободных электронах

- а) Перестраиваемость, т.е. возможность непрерывного изменения частоты в широких пределах,
- б) Отсутствие перегревающегося рабочего тела, снимающее некоторые ограничения на среднюю мощность излучения,
- в) Высокий КПД,
- г) Высокая мощность излучения

8.10 Что означает название «лазер на свободных электронах»?

- а) электроны свободно движутся вдоль цепочки атомов,
- б) электроны свободно движутся во всем объеме кристалла,
- в) электроны являются абсолютно свободными,
- г) Электроны не связаны с атомами, но находятся под влиянием поля магнита
- д) генерация происходит на свободных электронах в металле

8.11 Главным недостатком полупроводникового лазера является

- а) малый КПД по мощности,
- б) невозможность перестройки длины волны излучения,
- в) чувствительность к перегрузкам и перегреву,
- г) узкий диапазон длин волн генерации,
- д) верны все варианты

8.12 Сколько разрешенных состояний существует в полупроводнике

- а) 3,
- б) 2,
- в) 1,
- г) бесконечно много

8.13 Если рекомбинация электрон-дырочной пары не сопровождается возбуждением или поглощением фонона, то такой переход электрона в валентную зону называется

- а) безызлучательным,
- б) непрямым,
- в) прямым,
- г) безфононным

8.14 Выберите правильное утверждение: оже-рекомбинация – это

- а) излучательная рекомбинация,
- б) каскадная рекомбинация,
- в) ударная рекомбинация,
- г) рекомбинация через примеси и дефекты

8.15 КПД полупроводникового лазера при понижении температуры

- а) уменьшается,
- б) увеличивается,
- в) сначала уменьшается, затем увеличивается,
- г) не изменяется

8.16 Вероятность заполнения электроном любого уровня с энергией E при любой температуре T как в валентной зоне, так и в зоне проводимости описывается распределением

- а) Больцмана,
- б) Максвелла-Больцмана,
- в) Ферми-Дирака,
- г) Бозе-Эйнштейна

8.17 В полупроводниках при $T = 0$ К полностью заполненной электронами является

- а) зона проводимости,
- б) валентная зона,
- в) запрещенная зона,
- г) примесная зона.

8.18 Согласно распределению Ферми-Дирака вероятность заполнения $f(E)$ данного состояния с энергией E , большей энергии Ферми, при $T \rightarrow 0$ К равна

- а) 1,
- б) 0,
- в) 0,5,
- г) 0,75

8.19 Выберите соотношение между квазиуровнями Ферми для электронов E_n и дырок E_p , которое является условием инверсии на межзонных переходах в полупроводниковом лазере

- а) $E_p = E_n$,
- б) $E_n < E_p < E_g$,
- в) $E_n - E_p < E_g$,
- г) $E_p > E_n$

8.20 Внутренним квантовым выходом называется

- а) количество актов рекомбинации пар в 1 секунду,
- б) количество фотонов, выходящих из полупроводникового лазера за 1 секунду,
- в) отношение количества фотонов, излученных за 1 секунду в р-п переходе к количеству актов рекомбинации пар в 1 секунду,
- г) количество фотонов, излученных за 1 секунду в р-п переходе

9 Литература, рекомендуемая для изучения дисциплины

1. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника [Текст] : учеб. для вузов / А.Н. Пихтин. -М. : Высш. шк. 2001. - 573 с. : ил. - ISBN 5-06-002703-1.
- 1 Дьяков, В.А. Введение в квантовую электронику [Текст] / В.А. Дьяков. - М. : Энергия, 1969. - 264 с. : ил.- (Библиотека по радиоэлектронике; Вып. 16). - Библиогр.: с. 261-262
- 2 Успенский, А.В. Сборник задач по квантовой электронике [Текст] : учеб. пособие для вузов / А.В. Успенский. -М. : Высш. школа, 1976. - 176 с
- 3 Квантовая электроника / под ред. М.Е. Жаботинского. -М. : Сов. энциклопедия, 1969. - 448 с. : ил
- 4 Пестов, Э.Г. Квантовая электроника [Текст] / Э.Г. Пестов, Г.М. Лапшин. - М. : Воениздат, 1972. - 336 с
- 5 Физика полупроводниковых лазеров; Под ред. Х. Такумы. - М. : Наука, 1989. - 310 с. : ил
- 6 Аникиев, Ю.Г. Лазеры на неорганических жидкостях / Ю.Г. Аникиев, В.Б. Кравченко, М.Е. Жаботинский; Под ред. М.Е. Жаботинского. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. - 248с. : ил
- 7 Байбородин, Ю.В. Основы лазерной техники [Текст] : учеб. для вузов / Ю.В. Байбородин. -Киев : Вища школа, 1981. - 408 с
- 8 Звелто, О. Принципы лазеров: Пер. с англ. / О. Звелто.- 3-е перераб. и доп. изд.. -М. : Мир, 1990. - 560с. : ил
- 9 Химические лазеры / Д. Пиментел [и др.]; под ред. Р. Гросса, Д. Бота; пер. с англ. - М. : Мир, 1980. - 832 с. : ил