

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

**А. Н. ГОДЛЕВСКАЯ**

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОПТИКА»  
ЯВЛЕНИЯ КВАНТОВОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ**

Тестовые задания

для студентов специальностей  
6-05-0533-01 «Физика»,  
6-05-0533-02 «Прикладная физика»,  
6-05-0533-04 «Компьютерная физика»,  
6-05-0533-12 «Кибербезопасность»

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2026

УДК 535.14:535.18(076)  
ББК 22.343.4я73  
Г592

Рецензенты:

доктор физико-математических наук П. А. Хило,  
кандидат физико-математических наук А. А. Шамына

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
учреждения образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»

**Годлевская, А. Н.**

Г592

Тестовые задания по дисциплине «Оптика». Явления квантовой и нелинейной оптики : тестовые задания / А. Н. Годлевская ; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2026. – 45 с.

ISBN 978-985-32-0203-8

Тестовые задания подготовлены в целях оказания помощи студентам в овладении базовыми знаниями, самоорганизации учебной деятельности и систематического самоконтроля её результатов, а также для организации контроля текущей успеваемости по темам «Тепловое излучение и люминесценция», «Явления квантовой оптики», «Усиление света оптической средой. Оптические квантовые генераторы», «Нелинейные явления в оптике» учебной дисциплины «Оптика».

Адресованы студентам специальностей 6-05-0533-01 «Физика», 6-05-0533-02 «Прикладная физика», 6-05-0533-04 «Компьютерная физика», 6-05-0533-12 «Кибербезопасность».

УДК 535.14:535.18(076)  
ББК 22.343.4я73

**ISBN 978-985-32-0203-8**

© Годлевская А. Н., 2026

© Учреждение образования

«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», 2026

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
Тест 1. Тепловое излучение и люминесценция. Явления квантовой оптики .....	6
Тест 2. Усиление света оптической средой. Оптические квантовые генераторы. Нелинейные явления в оптике .....	29
Литература .....	45

## ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Оптика» является важной составляющей общего курса физики, при изучении которой студенты приобретают знания об оптических явлениях и методах их изучения, механизме и закономерностях оптических явлений, проявлении оптических явлений в природе и их практическом применении в науке, технике и в быту. В результате изучения дисциплины студент должен стать компетентным в применении законов распространения и взаимодействия оптического излучения с веществом и физических принципов работы простейших оптических приборов для теоретического и экспериментального исследования оптических явлений. В целях формирования и выявления степени достижения этого профессионального качества в учебной программе по дисциплине «Оптика» предусмотрены различные формы занятий (лекции, практические и лабораторные занятия, управляемая самостоятельная работа) и контроля результатов учебной деятельности (подготовка тематических рефератов, проведение самостоятельной и контрольной работы, защита отчетов о выполненных лабораторных работах, компьютерное тестирование).

Настоящие тестовые задания являются логическим продолжением изданий «Тестовые задания по дисциплине “Оптика”. Введение. Основы фотометрии. Основы геометрической оптики. Волны. Интерференция волн», «Тестовые задания по дисциплине “Оптика”. Дифракция волн. Оптическая голография. Поляризация волн. Спектральные приборы», «Тестовые задания по дисциплине “Оптика”. Взаимодействие света с веществом» и содержит два теста. В него включены тестовые задания, соответствующие учебной программе и содержанию дисциплины «Оптика» по темам «Тепловое излучение и люминесценция», «Явления квантовой оптики», «Усиление света оптической средой. Оптические квантовые генераторы», «Нелинейные явления в оптике».

Чтобы стимулировать внимание к деталям, логическое и аналитическое мышление студентов, предлагаются тестовые задания различного типа, и в вариантах ответов к некоторым из них имеются «ловушки». Тестовые задания могут быть использованы студентами в целях самоорганизации и самоконтроля, систематизации знаний, расширения кругозора, развития умения не только находить правильное отображение фактического содержания изученного материала в предложенных вариантах ответов, анализируя их, но и применять знания для решения качественных задач.

В целях активизации познавательной деятельности студентов, приучения их к поиску информации в различных источниках, тестовые

задания не дополнялись ключами правильных ответов. При подготовке к контрольным мероприятиям в случае нехватки необходимой информации студенты смогут найти её в рекомендованной литературе, список которой имеется в издании, и в любых иных источниках, включая Интернет-ресурсы и услуги искусственного интеллекта.

После размещения тестовых заданий в системе автоматизированного контроля, локализованной на сайте факультета физики и информационных технологий, преподаватели могут использовать тесты для компьютерного текущего контроля знаний и учёта результатов тестирования при использовании рейтинговой системы оценок.

Автор издания выражает благодарность А. А. Шамыне и П. А. Хило за интерес к этой работе и полезное обсуждение её содержания при личном общении.

# ТЕСТ 1. ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ. ЯВЛЕНИЯ КВАНТОВОЙ ОПТИКИ

1. Тепловое излучение тел...

- а) обусловлено внешним силовым воздействием на них;
- б) свойственно всем телам, имеющим температуру выше абсолютного нуля;
- в) по происхождению и закономерностям полностью объяснимо на основе классической теории;
- г) единственная причина глобального потепления на Земле;
- д) можно устранить, приводя тело в соприкосновение с более нагретым телом.

2. Спектральное распределение энергии равновесного теплового излучения...

- а) в области малых частот можно описать формулой Вина;
- б) в области больших частот можно описать формулой Рэлея – Джинса;
- в) описывается правильно на основе волновых представлений;
- г) во всем спектральном диапазоне правильно описывается формулой Планка;
- д) одинаково по характеру у всех тел, включая астрономические тела.

3. Все основные законы теплового излучения можно получить...

- а) на основе квантовых представлений об излучении и формулы Планка;
- б) на основе формулы Вина;
- в) на основе формулы Рэлея – Джинса;
- г) на основе любых модельных представлений;
- д) на основе теории электромагнитных волн.

4. Формула Планка для спектральной объемной плотности энергии равновесного теплового излучения *не может* быть записана в виде ( $\nu$  – частота излучения,  $c$  – скорость света в вакууме,  $\langle \varepsilon \rangle$  – средняя энергия, приходящаяся на один элементарный излучатель,  $h$  – постоянная Планка,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – температура по шкале Кельвина,  $\omega$  – циклическая частота,  $\lambda$  – длина волны,  $C_1, C_2$  – постоянные величины)...

а) 
$$u_{\nu,T} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \langle \varepsilon \rangle;$$

$$\begin{aligned} \text{б)} \quad u_{\nu, T} &= \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}; \\ \text{в)} \quad u_{\omega, T} &= \frac{h\omega^3}{4\pi^2 c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\omega}{2\pi kT}} - 1}; \\ \text{г)} \quad u_{\lambda, T} &= \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}; \\ \text{д)} \quad u_{v, T} &= C_1 v^3 \exp\left(\frac{-C_2 v}{T}\right). \end{aligned}$$

5. Укажите *неверное* продолжение фразы «Тепловое излучение...».

- а) это электромагнитное излучение, которое возникает за счет внутренней энергии излучающего тела;
- б) это единственный вид излучения, который может находиться в состоянии термодинамического равновесия с нагретыми телами;
- в) свойственно всем телам;
- г) испускается телами в любом агрегатном состоянии;
- д) характеризуется ограниченным спектральным интервалом и конечной длительностью.

6. Укажите правильное(-ые) продолжение(-я) предложения «Если несколько нагретых тел окружить идеально отражающей оболочкой, то...».

- а) внутри оболочки установится термодинамическое равновесие;
- б) внутри оболочки температура всех тел станет одинаковой;
- в) после установления одинаковой для всех тел температуры распределение энергии между телами и излучением будет изменяться со временем;
- г) характер теплообмена между этой системой тел и внешними телами будет зависеть от коэффициента пропускания и коэффициента поглощения оболочки;
- д) полная энергия, заключенная внутри оболочки, не будет изменяться.

7. Масса покоя фотона...

- а) может быть найдена из равенства  $h\nu = mc^2$ ;
- б) может быть выражена из формулы  $\frac{hc}{\lambda} = mc^2$ ;
- в) содержится в формуле модуля импульса фотона  $p = mc$ ;
- г) равна нулю;
- д) среди предложенных вариантов нет правильного.

8. Максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости  $(\rho_{\lambda,T})_{\max}$  абсолютно черного тела...

- а) определяется по формуле Вина;
- б) определяется по закону смещения Вина;
- в) прямо пропорционально пятой степени температуры тела, выраженной в кельвинах;
- г) определяется по формуле Рэля – Джинса;
- д) прямо пропорционально четвертой степени температуры тела, выраженной в кельвинах.

9. Укажите соответствие формул и названий законов и свойств теплового излучения:

1)  $\lambda_m = \frac{b}{T}$ ;

2)  $(\rho_{\lambda,T})_{\max} = CT^5$ ;

3)  $\frac{\rho(\nu,T)}{\alpha(\nu,T)} = \rho_0(\nu,T)$ ;

4)  $R_e = \sigma T^4$ .

а) Закон Кирхгофа;

б) Закон Стефана – Больцмана;

в) Закон смещения Вина;

г) максимальная спектральная плотность энергетической светимости.

а) 1в, 2г, 3б, 4а;

б) 1а, 2в, 3г, 4б;

в) 1в, 2г, 3а, 4б;

г) 1а, 2в, 3б, 4г;

д) 1а, 2б, 3в, 4г.

10. Яркостная температура реальных тел...

а) определяется по положению максимума в распределении спектральной плотности энергетической светимости;

б) определяется по закону смещения Вина;

в) определяется как температура, при которой распределение спектральной плотности энергетической светимости данного тела совпадает с функцией  $\rho(\nu,T)$  абсолютно черного тела;

г) определяется как температура, при которой яркость его поверхности одинакова с яркостью абсолютно черного тела;

д) отличается от истинной температуры тела.

### 11. Цветовая температура тела...

а) определяется как температура, при которой распределение спектральной плотности энергетической светимости данного тела совпадает с функцией  $\rho(\nu, T)$  абсолютно черного тела;

б) определяется как температура, при которой положение максимума в распределении спектральной плотности энергетической светимости совпадает с положением максимума в соответствующей функции распределения для абсолютно черного тела;

в) определяется как температура, при которой яркость его поверхности одинакова с яркостью абсолютно черного тела;

г) прямо пропорциональна произведению истинной температуры тела на корень четвертой степени из коэффициента черноты, характеризующего тело;

д) принимается во внимание при устройстве яркостного пирометра.

### 12. Законы теплового излучения *не лежат* в основе действия...

а) оптических пирометров;

б) солнечного паруса;

в) тепловизоров, устанавливаемых на беспилотных летательных аппаратах;

г) аппаратов ночного видения.

д) инфракрасных обогревателей.

### 13. Грязный снег тает скорее, чем чистый, так как...

а) на чистый снег солнечный свет оказывает большее давление;

б) чистый снег характеризуется большим коэффициентом отражения;

в) на чистом снегу образуется ледяная корка (наст), блестящая на солнечном свете;

г) грязный снег поглощает большую долю солнечного света, энергия которого расходуется на нагревание и таяние снега;

д) этот вопрос недостаточно изучен.

### 14. В основном, чёрный предмет, поглощающий падающее на него излучение, виден...

а) в отсутствие окружающих его предметов, так как не является абсолютно чёрным, и частично отражает падающее на него излучение;

б) благодаря контрасту с окружающими его светлыми предметами;

в) если рядом с ним находятся более тёмные объекты;

г) вследствие высокой чувствительности фоторецепторов глаза.

15. Если черную и белую ткань положить на снег, то в тихий солнечный предвесенний день...

а) черная ткань погрузится в снег больше белой, так как под ней растает больше снега;

б) черная ткань нагреется до более высокой температуры, так как коэффициент поглощения излучения у нее больше;

в) и черную, и белую ткань унесет ветром;

г) под черной тканью может образоваться проталина, если слой снега не толстый.

16. При наблюдении с улицы окна домов...

а) в вечернее время кажутся светлыми, так как сквозь стекла проходит наружу значительная часть света источников, находящихся внутри помещения;

б) кажутся темными, так как на наружных стеклах оседает больше пыли, поглощающей свет;

в) кажутся темными, так как доля отраженного стеклами света больше доли света, выходящего из помещения наружу;

г) кажутся темными днём, когда стекла окон хорошо пропускают солнечный свет с улицы, а отражают его в значительно меньшей степени, чем стены домов.

17. Два термометра выставлены на солнце. Шарик одного термометра закопчён. Наблюдатель заметит, что...

а) на обоих термометрах установится одинаковая температура;

б) более высокое значение температуры будет считано с закопченного термометра;

в) более высокая температура установится на чистом термометре;

г) результат измерения температуры не зависит от того, падает ли тень на один из термометров.

18. При замене темных обоев светлыми...

а) освещенность помещения увеличится, так как уменьшится доля поглощаемого стенами света;

б) в комнате станет теплее, так как уменьшится отток тепла через стены;

в) комната будет казаться меньшей в объеме;

г) для создания комфортного освещения в вечернее время потребуется люстра с менее мощными лампами.

19. Чтобы темную комнату сделать более светлой, более экономично в долгосрочной перспективе...

а) заменить источники освещения более мощными – вечером будет светлее;

- б) оклеить стены обоями светлых тонов;
- в) оклеить комнату обоями темных тонов, учитывая правило Прево;
- г) перекрасить старые обои краской светлых тонов, соблюдая технологию окрашивания.

20. Темные печи (при прочих равных условиях) нагревают помещение...

- а) медленнее светлых, так как они поглощают больше энергии;
- б) быстрее светлых, так как выполняются правило Прево и закон Кирхгофа: больше излучают тела, которые сами больше поглощают;
- в) одинаково быстро со светлыми, так как скорость нагрева зависит не от цвета печи, а от количества сжигаемого топлива;
- г) одинаково быстро со светлыми, так как скорость нагрева зависит не от цвета печи, а от вида сжигаемого топлива.

21. При одинаковой подводимой мощности спираль электрической плитки, навитая крупным шагом, нагревается... чем спираль, такой же длины, но навитая мелким шагом, так как...

- а) медленнее; у спирали с крупным шагом больше площадь излучающей поверхности и, следовательно, более высокая теплоотдача;
- б) до меньшей температуры; у спирали с большим шагом меньше витков на единице длины;
- в) до одинаковой температуры; температура спирали зависит от силы тока в ней, а не от шага навивки;
- г) быстрее; на температуру спирали влияет удельное сопротивление материала, из которого спираль изготовлена.

22. Чтобы узнать о наличии спектральных линий поглощения в невидимых частях спектра неизвестного вещества, нужно...

- а) изучить таблицы спектральных линий вещества;
- б) воспользоваться спектральным прибором, оптические элементы которого прозрачны для излучения в исследуемой области;
- в) воспользоваться приемником излучения, селективно чувствительным в требуемой спектральной области;
- г) использовать в сочетании то, что указано в вариантах б) и в);
- д) обратиться к специалистам.

23. При освещении светом натриевой лампы предметы...

- а) окрашиваются в черный цвет, если они не отражают излучения желтого цвета;
- б) окрашиваются в желтый цвет, если отражают свет лампы хотя бы частично;

в) остаются окрашенными так же, как при освещении источниками белого света;

г) выглядят более теплыми, чем в отсутствие такого освещения.

24. Лист белой бумаги осветили двумя источниками белого света, расположив перед одним из них желтое стекло, поглощающее голубой, синий и фиолетовый свет, а перед другим – синее стекло, непрозрачное для красного, оранжевого и желтого света. Наблюдатель будет видеть лист...

а) зеленым, так как свет этого цвета пропустят оба светофильтра;

б) белым, так как при смешивании отраженного от листа света, прошедшего через каждый из светофильтров, цвета будут дополнять друг друга (аддитивные цвета);

в) черным, так как при смешивании отраженного от листа света, прошедшего через каждый из светофильтров, произойдет гашение световых пучков;

г) сложно окрашенным вследствие смешения света различных оттенков.

25. Лист белой бумаги осветили источником белого света, и наблюдатель смотрит на лист сквозь поставленные друг за другом желтый (поглощающий голубой, синий и фиолетовый свет) и синий (непрозрачный для красного, оранжевого и желтого света) светофильтры и видит лист...

а) сложно окрашенным вследствие смешения света различных оттенков;

б) белым, так как при смешивании отраженного от листа света, прошедшего через каждый из светофильтров, цвета будут дополнять друг друга (аддитивные цвета);

в) черным, так как при смешивании отраженного от листа света, прошедшего через каждый из светофильтров, произойдет гашение световых пучков;

г) зеленым, так как свет этого цвета пропустят оба светофильтра.

26. Люминесценция...

а) это электромагнитное излучение, представляющее избыток над тепловым излучением тела и продолжающееся в течение времени, значительно превышающего период световых колебаний;

б) это электромагнитное излучение, которое возникает за счет внутренней энергии излучающего тела и зависит только от температуры и оптических свойств этого тела;

в) это единственный вид излучения, который может находиться в состоянии термодинамического равновесия с нагретыми телами;

г) свойственна всем телам;

д) объясняется на основе классической теории.

27. Укажите лишнее наименование в приведенном перечне видов люминесценции, выделяемых по механизму элементарных процессов:...

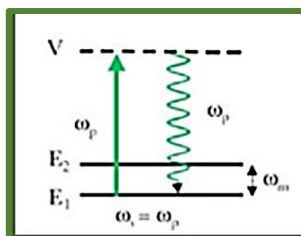
- а) резонансная люминесценция;
- б) спонтанная люминесценция;
- в) вынужденная люминесценция;
- г) фосфоресценция;
- д) рекомбинационная люминесценция.

28. Укажите лишнее наименование в приведенном перечне видов люминесценции, выделяемых по способу возбуждения свечения:...

- а) фотолюминесценция;
- б) флуоресценция;
- в) электролюминесценция;
- г) триболюминесценция;
- д) хемилюминесценция.

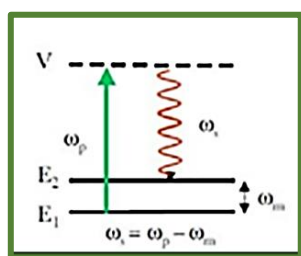
29. Запишите название вида люминесценции, использованного для устрашения любителей ночных прогулок в окрестностях имения Баскервилей (в повести Конан Дойла «Собака Баскервилей»): \_\_\_\_\_

30. На рисунке изображена схема энергетических уровней и переходов между ними, соответствующая...



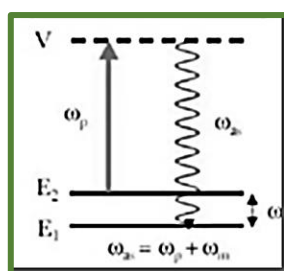
- а) стоксовой люминесценции;
- б) резонансной люминесценции;
- в) антистоксовой люминесценции;
- г) флуоресценции;
- д) фосфоресценции.

31. На рисунке изображена схема энергетических уровней и переходов между ними, соответствующая...



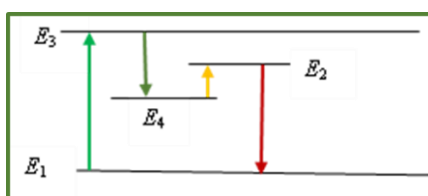
- а) резонансной люминесценции;
- б) спонтанной люминесценции;
- в) стоксовой люминесценции;
- г) антистоксовой люминесценции;
- д) лазерной генерации.

32. На рисунке изображена схема энергетических уровней и переходов между ними, соответствующая...



- а) антистоксовой люминесценции;
- б) стоксовой люминесценции;
- в) спонтанной люминесценции;
- г) лазерной генерации;
- д) для ответа недостаточно сведений.

33. В схеме, изображенной на рисунке, люминесцентное излучение испускается при переходе между уровнями  $E_2$  и  $E_1$ . В приведенном перечне вид люминесценции, соответствующий схеме, изображенной на рисунке, – это...



- а) спонтанная люминесценция;
- б) антистоксова люминесценция;
- в) резонансная люминесценция;
- г) вынужденная (метастабильная) люминесценция;
- д) триболоминесценция.

34. Рекомбинационная люминесценция...

а) характерна тем, что под действием источника люминесценции происходит переход на метастабильный уровень, а затем, в результате дополнительного возбуждения, следует переход на уровень люминесцентного излучения;

б) состоит в спонтанном высвечивании с того же энергетического уровня, на котором оказался излучающий атом при поглощении энергии от источника, возбуждающего свечение;

в) имеет место, если люминесцентное излучение соответствует тому же атому, который поглотил энергию возбуждения;

г) наблюдается, если энергия испущенного кванта больше энергии возбуждающего кванта, а ее интенсивность мала;

д) представляет излучение, которое возникает при рекомбинации носителей заряда, которые были разделены при поглощении энергии от источника люминесценции.

35. К необходимым условиям люминесценции относится...

а) непрерывный спектр возможных энергий структурных частиц вещества;

б) дискретный спектр возможных энергий структурных частиц вещества;

в) отсутствие ограничений на соотношение вероятностей излучательных и безызлучательных переходов;

г) превышение вероятности безызлучательных переходов над вероятностями излучательных переходов.

д) совместное действие факторов, обуславливающих тушение люминесценции.

36. К необходимым условиям люминесценции относится...

а) отсутствие ограничений на соотношение вероятностей излучательных и безызлучательных переходов;

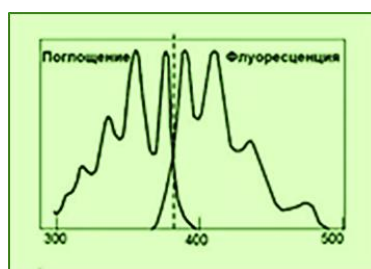
б) непрерывный спектр возможных энергий структурных частиц вещества;

в) превышение вероятности безызлучательных переходов над вероятностями излучательных переходов;

г) превышение вероятности излучательных переходов над вероятностями безызлучательных переходов;

д) преобразование энергии возбуждения в тепловую энергию.

37. На рисунке иллюстрировано...



- а) только правило Стокса;
- б) только возможность антистоксовой люминесценции;
- в) правило Лёвшина;
- г) закон Вавилова;
- д) зависимость интенсивности спонтанной люминесценции от времени.

38. Правило Лёвшина заключается в том, что...

- а) электронно-колебательные спектры поглощения и люминесценции молекул зеркально симметричны относительно частоты электронного перехода;
- б) интенсивность рекомбинационного люминесцентного свечения в простейшем случае с течением времени изменяется по гиперболическому закону;
- в) в том случае, когда мала вероятность безызлучательных переходов, интенсивность спонтанной люминесценции с течением времени убывает по экспоненциальному закону;
- г) при изменении длины волны возбуждающего света в стоксовой области в пределах спектральной полосы поглощения люминесцирующего вещества квантовый выход фотолюминесценции постоянен;
- д) с увеличением длины волны в антистоксовой области в пределах спектральной полосы поглощения люминесцирующего вещества квантовый выход фотолюминесценции быстро уменьшается.

39. В соответствии с правилом Стокса – Ломмеля,...

- а) длина волны фотолюминесценции  $\lambda_{\text{л}}$ , как правило, больше, чем длины волн возбуждающего света;
- б) максимум спектра люминесценции смещен в длинноволновую область от максимума спектра поглощения;
- в) в некоторых случаях фотолюминесцентное излучение имеет в своем спектре длины волн, меньшие длины волн возбуждающего излучения;
- г) квантовый выход фотолюминесценции постоянен при изменении длины волны возбуждающего света  $\lambda$  в стоксовой области ( $\lambda > \lambda_{\text{л}}$ ) и быстро уменьшается с увеличением длины волны в антистоксовой области ( $\lambda < \lambda_{\text{л}}$ ) в пределах спектральной полосы поглощения люминесцирующего вещества. (Символами  $\lambda_{\text{л}}$ , обозначена длина волны люминесцентного излучения);
- д) электронно-колебательные спектры поглощения и люминесценции молекул зеркально симметричны относительно частоты электронного перехода.

40. Дорожные знаки хорошо видны в свете фар,...

- а) так как фосфоресцируют под действием света автомобильных фар;
- б) благодаря действию напыленных на них маленьких стеклянных шариков диаметром в несколько десятых долей миллиметра, которые сначала фокусируют свет на тонкий слой краски, а затем из отраженного света формируют почти параллельный пучок, идущий ровно в обратном направлении, а не рассеивающийся во всех направлениях;
- в) так как установлены на высоте, удобной для внимательных водителей;
- г) так как имеют размеры, достаточные для быстрого считывания содержащейся в них информации.

41. *Неправда*, что советский театральный художник Е. Мандельберг...

- а) писал картины, которые следовало рассматривать в затемненном помещении при освещении ультрафиолетовым излучением;
- б) не был пионером люминесцентной живописи;
- в) применял бесцветные люминесцентные краски, посредством которых наносил зимний пейзаж поверх летнего, и «смена декораций» на театральной сцене производилась при выключении ламп видимого света и включении источника ультрафиолетового излучения;
- г) является автором книги «В мире холодного света», опубликованной в издательстве «Наука» Академии наук СССР в 1968 году.

42. Академик С. И. Вавилов называл люминесцентную лампу световым трансформатором, так как...

- а) в ней ультрафиолетовое излучение паров ртути преобразуется в видимый свет люминофором, покрывающим изнутри стенку прозрачного баллона;
- б) в ней энергия электронов, ускоренных электрическим полем, расходуется на возбуждение и ионизацию атомов ртути;
- в) при рекомбинации ионов и переходе атомов ртути в нормальное состояние излучается свет сложного спектрального состава;
- г) лампа может превращать излучение, бесполезное в светотехническом отношении, в видимое излучение;
- д) этот источник может преобразовать однородный свет в широкие спектральные полосы самого различного состава – в зависимости от вида люминофора.

43. Сорочки некоторых зрителей во время циркового представления выглядят особенно белыми, ...

- а) так как ткани были окрашены с добавлением люминофора, преобразующего ультрафиолетовый свет в синий;
- б) так как рассеивают свет во всех направлениях;

- в) так как эти зрители тщательно готовились к посещению цирка;
- г) в силу всех вышеперечисленных обстоятельств.

44. Излучение красного цвета...

- а) может обусловить видимую стоксову и антистоксову люминесценцию в красной области спектра;
- б) не может вызвать видимой люминесценции, так как красный свет лежит на границе видимой области, а стоксово излучение еще более длинноволновое.

45. В указанном списке учёных, изучавших некогерентное рассеяние света, выделите уроженца города Могилёва:...

- а) Чандрасекхара Венката Раман;
- б) Бриллюэн Леон Николая;
- в) Комптон Артур Хейли;
- г) Мандельштам Леонид Исакович;
- д) Ландсберг Григорий Самуилович.

46. К числу явлений, *не сопровождающихся* изменением частоты излучения в результате его рассеяния при взаимодействии с веществом, относится...

- а) комбинационное рассеяние;
- б) рассеяние Ми;
- в) эффект Комптона;
- г) рассеяние Мандельштама – Бриллюэна;
- д) в приведенном перечне таких явлений нет.

47. Укажите *неверное* продолжение предложения «Комбинационное рассеяние света...».

- а) это оптическое явление, состоящее в появлении в спектре рассеянного света, кроме линий, характеризующих падающее излучение, добавочных линий-спутников, сопровождающих каждую линию первичного спектра;
- б) можно наблюдать с использованием для возбуждения источников сплошного спектра;
- в) можно обнаружить только, если падающий свет представляет совокупность отдельных монохроматических составляющих;
- г) характерно для рассеивающего вещества, и смещение частоты для линий-спутников выражается через частоту возбуждающего излучения и частоты колебаний его молекул;
- д) относится к некогерентным видам рассеяния.

48. При комбинационном рассеянии света...

- а) линии-спутники расположены несимметрично относительно линий возбуждающего спектра;
- б) интенсивность линий-спутников постоянна;
- в) обычно интенсивность длинноволновых («красных») линий-спутников больше интенсивности коротковолновых («фиолетовых») линий-спутников, но при увеличении температуры интенсивность «фиолетовых» спутников быстро увеличивается;
- г) величина смещения линий-спутников не зависит от строения молекул вещества;
- д) величина смещения линий-спутников не связана с колебательным спектром молекул.

49. Стоксовы и антистоксовы составляющие наблюдаются...

- а) только в спектрах люминесценции;
- б) только в спектрах комбинационного рассеяния света;
- в) только при рассеянии Мандельштама – Бриллюэна;
- г) при эффекте Доплера;
- д) при обоих явлениях, названных в вариантах а) – б).

50. Комбинационное рассеяние света...

- а) возможно для абсолютно белого вещества;
- б) наблюдается для веществ со сплошным спектром испускания;
- в) происходит в два этапа, первым из которых является поглощение первичного фотона с переходом системы в виртуальное состояние, не имеющее собственного времени жизни, а вторым – испускание фотона измененной частоты;
- г) открыто раньше, чем предсказано рассеяние Мандельштама – Бриллюэна;
- д) Мандельштамом и Ландсбергом наблюдалось в феврале 1928 года в кристаллах кварца – на неделю раньше, чем Раманом и Кришнаном в жидком бензоле, – и сообщение об этих наблюдениях немедленно было опубликовано.

51. Вероятность комбинационного рассеяния света ...

- а) зависит только от интенсивности возбуждающего света;
- б) зависит от частоты рассеянного света, как и интенсивность рассеянного света;
- в) различна у разных веществ;
- г) не зависит от вероятности квантовых переходов в молекуле;
- д) зависит от интенсивности возбуждающего и рассеянного излучения.

52. Вынужденному комбинационному рассеянию (ВКР) свойственно то, что...

- а) оно индуцируется воздействием лазерного излучения на вещество;
- б) оно представляет резонансное комбинационное рассеяние;
- в) при ВКР интенсивность линий-спутников может быть такого же порядка, как интенсивность возбуждающего света;
- г) вероятность ВКР одинакова вероятности обычного КРС;
- д) его вероятность не отличается от вероятности обычного КРС.

53. Рассеяние Мандельштама – Бриллюэна – это...

- а) когерентное рассеяние оптического излучения на инородных частицах, взвешенных в жидкости;
- б) рассеяние оптического излучения в конденсированных средах в результате его взаимодействия с их собственными упругими колебаниями;
- в) некогерентное рассеяние оптического излучения, при котором изменение частоты связано с переходами между колебательными или вращательными уровнями молекул;
- г) изменение частоты излучения, воспринимаемого приемником, при наличии относительного движения источника и приемника;
- д) перераспределение энергии в пространстве без изменения частоты света, обусловленное оптической неоднородностью среды.

54. При рассеянии Мандельштама – Бриллюэна относительное изменение частоты сателлитов...

- а) не зависит от скорости  $v$  упругой волны, обусловившей модуляцию световой волны;
- б) не зависит от показателя преломления  $n$  среды;
- в) определяется по формуле  $\pm \frac{\Delta\omega}{\omega_0} = 2n \frac{v}{c} \sin \frac{\theta}{2}$ ; где  $v$  – скорость упругой волны, обусловившей модуляцию световой волны;  $c$  – скорость света в вакууме;  $\theta$  – угол между направлениями возбуждающего и рассеянного пучков;

г) лежит за пределами интервала  $10^{-6} < \frac{\Delta\omega}{\omega_0} < 10^{-4}$ ;

д) определяется по формуле  $\pm \frac{\Delta\omega}{\omega_0} = 2n \frac{v}{c} \cos \frac{\theta}{2}$ , где  $v$  – скорость упругой волны, обусловившей модуляцию световой волны;  $c$  – скорость света в вакууме;  $\theta$  – угол между направлениями возбуждающего и рассеянного пучков.

55. Эффект Комптона – это...

а) некогерентное рассеяние оптического излучения, при котором изменение частоты связано с переходами между колебательными или вращательными уровнями молекул;

б) некогерентное рассеяние оптического излучения конденсированными средами в результате его взаимодействия с собственными упругими колебаниями этих сред;

в) перераспределение энергии в пространстве без изменения частоты света, обусловленное оптической неоднородностью среды;

г) изменение частоты излучения при наличии относительного движения источника и приемника;

д) явление изменения длины волны при рассеянии жесткого рентгеновского излучения на веществах, состоящих из атомов, имеющих в своем составе электроны, слабо связанные с ядром.

56. Неверно, что комптоновское смещение длины волны...

а) это изменение длины волны при рассеянии жесткого рентгеновского излучения на слабо связанных или свободных электронах, особенно отчётливо проявляющееся в веществах низкой плотности;

б) не зависит от состава рассеивающего тела;

в) не зависит от длины волны излучения, падающего на вещество;

г) максимально при рассеянии назад;

д) не зависит от массы покоя частиц, на которых происходит рассеяние излучения.

57. Комптоновское смещение длины волны  $\Delta\lambda$  можно рассчитать по формуле ( $h$  – постоянная Планка,  $m_0$  – масса покоя частицы, на которой происходит рассеяние,  $c$  – скорость света в вакууме,  $\theta$  – угол рассеяния)...

а) 
$$\Delta\lambda = 2 \frac{h}{m_0 c} \cdot \sin \frac{\theta}{2};$$

б) 
$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} \cdot \sin^2 \theta;$$

в) 
$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2};$$

г) 
$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta);$$

д) 
$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \sin \theta).$$

58. Укажите *неверное* утверждение в фразе «При исследовании эффекта Комптона с использованием жесткого рентгеновского излучения...».

а) обоснование формулы комптоновского смещения длины волны производится на основе классических представлений об излучении;

б) обоснование формулы комптоновского смещения длины волны производится на основе квантовых представлений об излучении;

в) обоснование формулы комптоновского смещения длины волны производится на основе релятивистской формы записи законов сохранения энергии и импульса;

г) доказано, что электрон отдачи – релятивистская частица, и при описании его состояния необходимо использовать релятивистскую механику;

д) установлено экспериментально, что электрон отдачи и квант измененной частоты появляются одновременно.

59. Эффекту Комптона *не свойственно* то, что...

а) для экспериментальной проверки формулы комптоновского смещения необходимо использовать коротковолновое рентгеновское излучение;

б) величина комптоновского смещения не зависит от рода вещества;

в) в рассеянном излучении отсутствует излучение исходной частоты;

г) имеет место увеличение интенсивности смещенной составляющей при уменьшении атомного номера вещества;

д) при увеличении угла рассеяния интенсивность смещенной составляющей увеличивается, а несмещенной – уменьшается.

60. К числу оптических явлений, которые нельзя объяснить на основе волновых представлений о свете, *не относится*...

а) комбинационное рассеяние света и его механизм;

б) эффект Комптона и его особенности;

в) фотоэлектрический эффект и его законы;

г) тепловое излучение и его законы;

д) поляризация света и изменение её типа при прохождении света через вещество.

61. Сущность внешнего фотоэлектрического эффекта состоит...

а) в изменении электрической проводимости диэлектриков при их освещении;

б) в появлении разности потенциалов при освещении контакта двух полупроводников с разным типом проводимости;

в) в зависимости силы фототока от длины волны используемого излучения;

г) в вырывании электронов с поверхности вещества при освещении его электромагнитным излучением;

д) в любом физическом явлении, происходящем под действием света.

62. Сущность внутреннего фотоэлектрического эффекта – ...

а) увеличение концентрации свободных носителей заряда или перераспределение электронов по энергетическим уровням в диэлектриках и полупроводниках под действием электромагнитного излучения;

б) появление фото-ЭДС при освещении контакта двух разнородных материалов;

в) вырывание электронов из вещества при освещении его электромагнитным излучением;

г) наличие спектральной зависимости силы фототока при постоянной интенсивности света, падающего на вещество;

д) среди предложенных вариантов нет правильного.

63. Обнаружить наличие внутреннего фотоэффекта можно...

а) по уменьшению электрической проводимости вещества;

б) по увеличению электрической проводимости вещества при его освещении;

в) по увеличению электрического сопротивления образца;

г) по изменению габаритных размеров образца;

д) по уменьшению интенсивности света, прошедшего через слой вещества.

64. Селективный внутренний фотоэлектрический эффект...

а) не связан с выбором вещества, на которое действует внешнее электромагнитное излучение;

б) проявляется на спектральной зависимости силы фототока её увеличением в области полос поглощения облучаемого вещества;

в) проявляется на вольтамперной характеристике фотоэлемента;

г) обнаруживается при исследовании запирающего потенциала вещества фотокатода от частоты излучения;

д) выявляется при исследовании световых характеристик фотоэлектрических приемников излучения.

65. Признавая, что свет – это волны, можно объяснить...

а) зависимость силы фототока насыщения от интенсивности света;

б) характер зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света, используемого для облучения вещества;

в) независимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от интенсивности света, падающего на вещество;

г) наличие красной границы фотоэффекта;

д) безынерционность фотоэффекта.

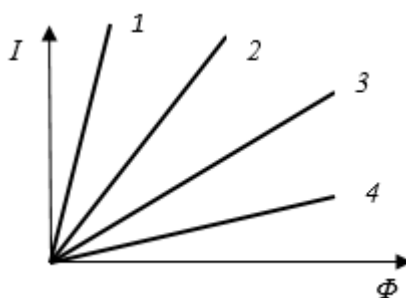
66. Укажите *неправильное* продолжение фразы «Фотоэффект невозможен, если...».

- а) освещается абсолютно белая поверхность тела;
- б) вещество не поглощает излучения;
- в) длина волны больше длины волны, соответствующей красной границе фотоэффекта;
- г) частота используемого света меньше частоты, соответствующей красной границе фотоэффекта;
- д) энергия квантов используемого света равна энергии кванта, соответствующей красной границе фотоэффекта.

67. В наборе имеются светофильтры, прозрачные для излучения с длинами волн  $\lambda_1 = 400$  нм,  $\lambda_2 = 500$  нм,  $\lambda_3 = 600$  нм,  $\lambda_4 = 700$  нм. При исследовании внешнего фотоэффекта с использованием фотоприемника с фотокатодом из серебра (работа выхода равна  $10,1 \cdot 10^{-19}$  Дж) получение его вольтамперной характеристики возможно при установке на пути светового пучка...

- а) первого светофильтра;
- б) первого и второго светофильтров;
- в) первых трех светофильтров;
- г) всех четырех светофильтров;
- д) ни один из светофильтров не пригоден для регистрации указанной зависимости.

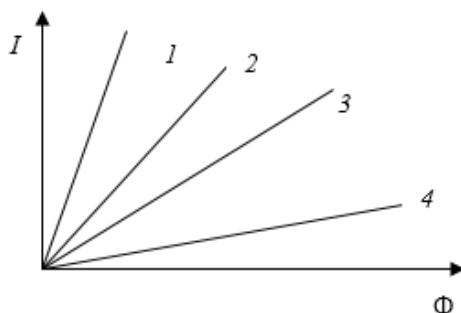
68. При использовании одного и того же фотоэлемента получены световые характеристики, показанные на рисунке ( $I$  – сила фототока,  $\Phi$  – падающий световой поток). Различие в углах наклона графиков обусловлено...



- а) различием материала фотокатода;
- б) различием диапазона используемых интенсивностей света;
- в) различием коэффициентов поглощения света разной длины волны или спектральной чувствительности у вещества фотокатода;

- г) различием работы выхода электронов из вещества;
- д) недостаточной изоляцией экспериментальной установки от внешних источников света.

69. При использовании одного и того же фотоэлемента получены световые характеристики, показанные на рисунке ( $I$  – сила фототока,  $\Phi$  – падающий световой поток). Различие графиков обусловлено...



- а) различием материала фотокатода;
- б) наличием контактной разности потенциалов между катодом и анодом;
- в) проявлением селективности фотоэффекта к длине волны излучения;
- г) различием материала анода;
- д) причину нельзя назвать без дополнительной информации об условиях опытов.

70. Укажите *неправильный* вариант продолжения фразы «Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта...».

- а) представляет частный случай закона сохранения и превращения энергии;
- б) может быть использовано для объяснения зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектрона от частоты света;
- в) содержит работу выхода электрона из металла;
- г) может быть использовано для определения энергии, необходимой для отрыва электрона от атома при внутреннем фотоэффекте;
- д) достаточно для объяснения безынерционности фотоэффекта.

71. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, применимое как в классической физике, так и в релятивистском случае, имеет вид ( $\varepsilon$  – энергия фотона,  $A_1$  – энергия ионизации атома,  $A_2$  – работа выхода электрона из вещества,  $T$  – максимальная кинетическая энергия электрона,  $m$  – масса покоя электрона,  $v_{\max}$  – максимальная скорость фотоэлектрона,  $c$  – скорость света в вакууме)...

- а)  $\varepsilon = A_1 + A_2 + T$ ;
- б)  $\varepsilon = hv$ ;

в)  $\varepsilon = mc^2$ ;

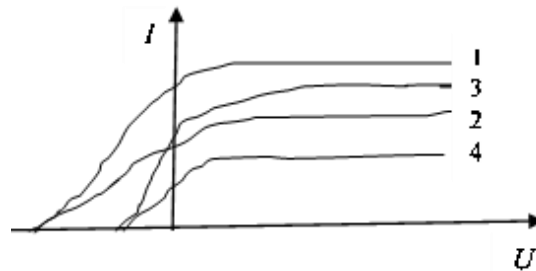
г)  $\varepsilon = A_1 + A_2 + \frac{m v_{\max}^2}{2}$ ;

д)  $\varepsilon = T = mc^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_{\max}^2}{c^2}}} - 1 \right)$ .

72. Запирающий потенциал для фотоэлектронов...

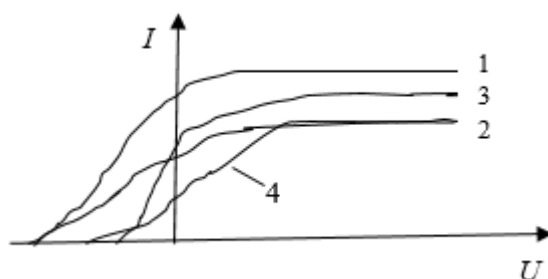
- а) не зависит от энергии падающих фотонов;
- б) определяется как результат деления разности работ выхода электронов из материала катода и материала анода на модуль заряда электрона;
- в) определяется из условия равенства максимальной кинетической энергии фотоэлектрона работе тормозящего электрического поля, необходимой для остановки фотоэлектрона;
- г) определяется из условия равенства энергии фотона работе выхода электрона из материала;
- д) может быть и положительным, и отрицательным.

73. На рисунке показано семейство вольтамперных характеристик одного и того же фотоэлемента. Частоты использованного в четырёх опытах излучения находятся в соотношении...



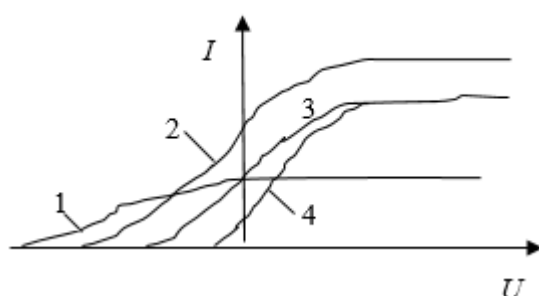
- а)  $\nu_1 = \nu_2 < \nu_4 < \nu_3$ ;
- б)  $\nu_1 = \nu_3 > \nu_2 = \nu_4$ ;
- в)  $\nu_1 = \nu_3 < \nu_2 = \nu_4$ ;
- г)  $\nu_1 = \nu_2 > \nu_4 > \nu_3$ ;
- д)  $\nu_1 > \nu_3 > \nu_2 = \nu_4$ .

74. На рисунке показано семейство вольтамперных характеристик одного и того же фотоэлемента с серым фотокатодом. Падающие на фотокатод световые потоки находятся в соотношении...



- а)  $\Phi_1 > \Phi_4 = \Phi_2 > \Phi_3$ ;
- б)  $\Phi_3 < \Phi_4 = \Phi_2 < \Phi_1$ ;
- в)  $\Phi_2 = \Phi_4 < \Phi_3 < \Phi_1$ ;
- г)  $\Phi_4 < \Phi_2 < \Phi_3 < \Phi_1$ ;
- д)  $\Phi_4 > \Phi_2 > \Phi_3 > \Phi_1$ .

75. На рисунке показано семейство вольтамперных характеристик одного и того же фотоэлемента, катод которого не является серым телом, и в каждом опыте на него падает одинаковое число фотонов. Соотношение между числом фотонов, ежесекундно поглощаемых фотокатодом, имеет вид...



- а)  $N_1 > N_3 = N_4 > N_2$ ;
- б)  $N_1 < N_3 = N_4 < N_2$ ;
- в)  $N_1 < N_3 < N_4 < N_2$ ;
- г)  $N_1 > N_3 > N_4 > N_2$ ;
- д)  $N_1 \approx N_3 = N_4 \ll N_2$ .

76. При многофотонном фотоэффекте...

а) значение красной границы фотоэффекта при поглощении  $N$  неодинаковых фотонов уменьшается в  $N$  раз по сравнению с красной границей однофотонного фотоэффекта;

б) электрон поглощает  $N$  (два, три) фотонов, и в левой части уравнения Эйнштейна для фотоэффекта следует учитывать сумму энергий  $N$  фотонов;

в) длинноволновая граница фотоэффекта экспериментально не определена ни для одного металла;

г) фотоэлектроны выбиваются из металла исключительно под влиянием составляющей электрического поля световых волн, параллельной поверхности катода;

д) получают только релятивистские фотоэлектроны.

77. Давление света  $p$ ...

а) на зеркальную поверхность в 2 раза больше, чем на идеально поглощающую;

б) на черную поверхность больше, чем на белую в 2 раза;

в) на непрозрачную поверхность зависит от облученности поверхности  $E_e$ , коэффициента отражения  $\rho$  и объемной плотности излучения

$w$  в соответствии с формулами  $p = \frac{E_e}{c}(1 + \rho) = w(1 + \rho)$ .

## ТЕСТ 2. УСИЛЕНИЕ СВЕТА ОПТИЧЕСКОЙ СРЕДОЙ. ОПТИЧЕСКИЕ КВАНТОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ОПТИКЕ

1. В число основных характеристик энергетического уровня не входит...
  - а) значение энергии  $E_i$ ;
  - б) степень вырождения  $g_i$ ;
  - в) время жизни возбужденного состояния  $\tau_i$ ;
  - г) населенность энергетического уровня  $N_i$ ;
  - д) частота, соответствующая кванту энергии, излучаемому при переходе с уровня  $E_i$  в основное состояние атома.
  
2. Степень вырождения энергетического уровня атомной системы...
  - а) равна количеству стационарных состояний, характеризующихся определенным значением энергии  $E_i$ ;
  - б) определяется количеством возможных для атомной системы стационарных состояний;
  - в) не учитывается при установлении условия детального равновесия в системе частиц, совершающих спонтанные и вынужденные переходы между возможными состояниями;
  - г) одинакова для всех энергетических уровней атомной системы;
  - д) не может быть одинаковой для уровней, характеризующихся различными значениями энергии.
  
3. Время жизни возбужденного состояния  $\tau_i$  атомной системы...
  - а) увеличивается при увеличении энергии атомной системы в стационарном состоянии;
  - б) определяется временем, которое проходит от начала наблюдения за атомной системой до её ионизации;
  - в) определяется как среднее время пребывания атомной системы в состоянии с энергией  $E_i$ ;
  - г) не связано с вероятностью квантовых переходов из стационарного состояния с энергией  $E_i$  в любое иное стационарное состояние атомной системы;
  - д) учитывается при расчете дипольного момента атомной системы в стационарном состоянии и изменения её дипольного момента при изменении стационарного состояния.
  
4. Населенность  $N_i$  энергетического уровня...
  - а) влияет только на количество спонтанных радиационных переходов с этого уровня;

б) влияет только на количество вынужденных радиационных переходов с этого уровня;

в) не влияет на энергию, излучаемую в единице объема за конечное время;

г) равна количеству частиц в единице объема, характеризующихся энергией  $E_i$ ;

д) не влияет на энергию, поглощаемую системой атомов в единицу времени, при переходах с уровня, характеризующегося энергией  $E_i$ .

5. Укажите *неправильный* вариант продолжения предложения «Переходы с поглощением энергии атомной системой...».

а) могут быть радиационными;

б) могут совершаться при столкновении с другим возбужденным атомом;

в) могут происходить спонтанно;

г) могут происходить в результате электронного удара;

д) могут происходить, если они являются разрешенными.

6. Количество спонтанных переходов за единицу времени с излучением атомной системой кванта с энергией  $h\nu_{ki} \dots$

а) определяется коэффициентом Эйнштейна  $A_{ki}$  и зависит от населенности  $N_k$  уровня, которому соответствует энергия  $E_k$ ;

б) определяется коэффициентом Эйнштейна  $A_{ki}$  и зависит от населенности  $N_i$  уровня, которому соответствует энергия  $E_i$ ;

в) определяется коэффициентом Эйнштейна  $B_{ki}$  и зависит от населенности  $N_k$  уровня, которому соответствует энергия  $E_k$ ;

г) определяется коэффициентом Эйнштейна  $B_{ik}$  и зависит от населенности  $N_i$  уровня, которому соответствует энергия  $E_i$ ;

д) не зависит от порядкового номера возбужденного состояния атома.

7. Количество вынужденных переходов атомной системы за единицу времени с поглощением кванта энергии  $h\nu_{ik} \dots$

а) характеризуется коэффициентом Эйнштейна  $B_{ik}$  и зависит от объемной плотности возбуждающего излучения и населенности  $N_i$  уровня с энергией  $E_i$  при условии, что  $E_i > E_k$ ;

б) характеризуется коэффициентом Эйнштейна  $B_{ik}$  и зависит от объемной плотности возбуждающего излучения и населенности  $N_i$  уровня с энергией  $E_i$  при условии, что  $E_i < E_k$ ;

в) определяется коэффициентом Эйнштейна  $A_{ki}$   $A_{ki}$  и зависит от населенности  $N_i$  уровня с энергией  $E_k$ ;

г) не зависит от порядкового номера возбужденного состояния атома;

д) отлична от нуля только для переходов из основного состояния атомной системы.

8. Чтобы среда усиливала падающее на неё излучение, требуется...

а) только инверсная заселённость уровней рабочего перехода;

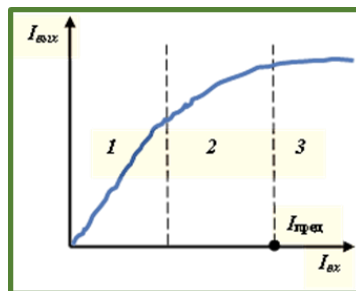
б) только чтобы уровень рабочего перехода с большей энергией был населен сильнее уровня с меньшей энергией;

в) только чтобы коэффициент квантового усиления  $\alpha$  был больше коэффициента потерь  $\beta$ ;

г) подготовить систему из активной среды и блока накачки;

д) выполнение условий а) – в).

9. На рисунке цифрами 1, 2, 3 выделены участки, соответствующие трем режимам работы квантового усилителя: линейному, нелинейному, насыщения. В целях стабилизации интенсивности выходного сигнала можно использовать режим(-ы), соответствующий(-ие) участку(-ам)...



а) только 1;

б) только 2;

в) только 3;

г) 1 и 2;

д) 2 и 3.

10. Квантовый генератор (лазер) отличается от квантового усилителя...

а) наличием активной среды;

б) наличием системы накачки;

в) необходимостью превышения коэффициентом квантового усиления  $\alpha$  коэффициента потерь  $\beta$ ;

г) наличием оптического резонатора;

д) необходимостью создания инверсной населенности уровней в активной среде.

11. Нельзя получить устойчивую лазерную генерацию...

- а) на основе четырехуровневой схемы возбуждения;
- б) на основе трёхуровневой схемы возбуждения;
- в) на основе двухуровневой схемы возбуждения;
- г) с газообразным лазерным веществом;
- д) с твердотельной активной средой.

12. В энергетическом отношении более выгодной является... схема возбуждения лазерного вещества,...

- а) двухуровневая; так как населенность уровней в ней быстро выравнивается;
- б) трехуровневая; так как используется меньше промежуточных состояний атома;
- в) четырёхуровневая; так как пороговая плотность энергии накачки по инверсии и пороговая плотность энергии накачки по генерации достигаются при более низких плотностях энергии возбуждения;
- г) четырёхуровневая; так как можно одновременно достигать генерации на нескольких лазерных переходах в активной среде;
- д) трехуровневая; так как можно достигать высоких значений параметров лазерного излучения при сравнительно невысоких энергетических затратах.

13. Набор спектрально-пространственных характеристик и параметров лазера...

- а) определяется свойствами его оптического резонатора, активной среды и системы накачки;
- б) не зависит от структуры энергетических уровней активной среды;
- в) определяется только спектром испускания ламп накачки;
- г) не зависит от поперечных размеров резонатора;
- д) не связан с условием самовозбуждения.

14. Резонатор лазера не может быть...

- а) плоскопараллельным;
- б) открытым;
- в) конфокальным;
- г) пассивным;
- д) абсолютно замкнутым.

15. В перечень типов лазерных резонаторов, классифицированных в зависимости от формы зеркал, случайно попал...

- а) резонатор Фабри – Перо;
- б) концентрический;

- в) активный;
- г) полуконфокальный;
- д) полусферический.

16. От излучения тепловых и люминесцентных источников лазерное излучение не отличается...

- а) спектральной частотой излучения;
- б) степенью временной и пространственной когерентности и степенью поляризации;
- в) угловым распределением энергии;
- г) яркостью;
- д) возможностью испускания энергии в непрерывном режиме.

17. Лазерное излучение обычно *не применяется*...

- а) в целях технологической обработки металлов, такой как резка, сварка, прошивка отверстий и др.;
- б) в медицинских целях для коагуляции сетчатки и лечения её заболеваний, облучения кровеносных сосудов, в качестве лазерного скальпеля и т. д.;
- в) при производстве строительных работ (лазерные уровни и др.);
- г) для освещения рабочих мест;
- д) для считывания информации с компакт-дисков.

18. Условие самовозбуждения лазера...

- а) имеет вид  $\alpha = \beta + \frac{1}{2l} \ln \frac{1}{r_1 r_2}$ , где  $\alpha$  – квантовый коэффициент усиления;  $\beta$  – коэффициент потерь;  $l$  – длина слоя активной среды;  $r_1$  и  $r_2$  – коэффициенты отражения зеркал резонатора;
- б) выполняется, если коэффициент квантового усиления превышает суммарный коэффициент потерь в резонаторе и в активной среде;
- в) является достаточным, но не необходимым;
- г) выполняется при достижении некоторой пороговой плотности инверсии;
- д) выполняется при любой схеме возбуждения и любом уровне плотности накачки.

19. Основная функция системы накачки...

- а) это ограничить уровень генерации излучения лазером;
- б) это нарушить термодинамическое равновесие в лазерной среде;

- в) это обеспечить в активной среде инверсную населенность не ниже пороговой, значение которой определяется из условия самовозбуждения;
- г) определяется особенностями строения и энергетическим спектром лазерного вещества;
- д) это обеспечить высокую степень монохроматичности лазерного излучения.

#### 20. Оптический резонатор...

- а) это система оптических элементов, ответственная за формирование модового состава лазерного излучения;
- б) это структурный элемент лазера, параметрами которого определяются спектрально-пространственные характеристики и параметры лазерного излучения;
- в) это только отражающие зеркала, между которыми возникает индуцированное излучение активной среды;
- г) по размерам значительно превосходит длину волны излучения;
- д) относится к резонаторам закрытого типа.

#### 21. Неверно, что оптический резонатор...

- а) свободен от дифракционных потерь;
- б) имеет очень близкие друг к другу резонансные частоты;
- в) имеет тенденцию генерировать на нескольких модах;
- г) формирует спектр излучения вне зависимости от свойств активной среды и системы накачки;
- д) может быть составлен из зеркал с разной кривизной поверхностей.

#### 22. В число основных свойств, отличающих лазерное излучение от излучения тепловых и люминесцентных источников, не входит...

- а) монохроматичность;
- б) когерентность;
- в) высокая плотность мощности, связанная с направленностью и когерентностью;
- г) направленность;
- д) яркость.

#### 23. Спектральная ширина $\Delta\nu$ лазерной моды...

- а) в основном определяется резонатором;
- б) не зависит от температуры;
- в) увеличивается при наличии теплового и спонтанного излучения;
- г) содержится в определении спектральной чистоты излучения;
- д) в отсутствие компенсации потерь на частоте генерации может быть бесконечно узкой;
- е) не зависит от режима работы лазера.

24. Ширина спектральной линии лазерного излучения... естественной ширины спектральной линии атома.

- а) практически не отличается от;
- б) незначительно меньше;
- в) на порядок больше;
- г) на несколько порядков меньше;
- д) одного порядка с ударным и доплеровским уширением спектральной линии.

25. Два основных фактора, обуславливающие высокую когерентность лазерного излучения, – это...

- а) физическая природа процессов вынужденного излучения;
- б) наличие корреляции цугов по частоте, фазе и направлению распространения, обусловленной устройством и принципом действия лазера;
- в) наличие оптического резонатора;
- г) стабильность условий, в которых происходит генерация;
- д) соотношение неопределенностей частоты излучения атома и времени его жизни в возбужденном состоянии.

26. Направленность лазерного излучения...

- а) не зависит от геометрических параметров резонатора;
- б) тесно связана с его пространственной когерентностью;
- в) связана с расходимостью светового пучка в пространстве;
- г) не снижается вследствие дифракции на выходном окне резонатора;
- д) характеризуется плоским или телесным углом, в пределах которого распространяется основная часть излучения.

27. В поэме «Облако в штанах» В. В. Маяковский написал: «В сто сорок солнц закат пылал». А о яркости оптических квантовых генераторов (ОКГ) можно утверждать, что...

- а) для любой моды распределение яркости постоянно в поперечном сечении пучка;
- б) яркость маломощного лазера более чем в 100 раз превышает яркость солнечного диска за пределами земной атмосферы;
- в) понятие о яркости лазера следует применять условно, так как в нём нет излучающей поверхности;
- г) спектральная яркость лазера может быть на 10–12 порядков выше, чем спектральная яркость Солнца;
- д) она не связана с ограничениями по технике безопасной работы с ОКГ.

28. Нелинейная оптика – это...

- а) раздел оптики, в котором исследуют распространение мощных световых пучков в твердых телах, жидкостях и газах и их взаимодействие с веществом;
- б) раздел оптики, получивший развитие после создания мощных источников лазерного излучения;
- в) оптические элементы установок, применяемых для исследования наноматериалов;
- г) термин, впервые введенный С. И. Вавиловым в книге «Микроструктура света»;
- д) термин, введенный изобретателем первого ОКГ.

29. В сильном световом поле...

- а) все оптические характеристики среды, кроме показателя преломления, нелинейно зависят от напряженности электрического поля световой волны;
- б) показатель преломления и показатель (коэффициент) поглощения среды зависят от интенсивности световой волны;
- в) поляризация среды и связанные с ней характеристики нелинейно зависят от напряженности электрического поля световой волны;
- г) оптические элементы экспериментальных установок не следует охлаждать;
- д) наблюдают эффекты нелинейной оптики.

30. В начале 20-х годов XX века...

- а) наблюдалась генерация второй гармоники в кристаллах;
- б) С. И. Вавилов и В. Л. Лёвшин обнаружили уменьшение коэффициента поглощения урансодержащего стекла при увеличении интенсивности света;
- в) обнаружен эффект самофокусировки светового пучка в веществе;
- г) С. И. Вавилов сформулировал идею о том, что от мощности света должна зависеть скорость распространения света в среде;
- д) С. И. Вавилов сформулировал идею о том, что от мощности света должны зависеть двулучепреломление, дихроизм, оптическая активность и другие оптические свойства среды.

31. Приближенное соотношение  $\vec{P} = \epsilon_0 \chi \vec{E}$ , где  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная,  $\chi$  – диэлектрическая восприимчивость, зависящая только от свойств среды, выполняется для сред, подверженных воздействию световых полей, в которых напряженность электрического поля...

- а) равна 10 В/см;
- б) равна  $10^7$  В/см;

- в) порядка  $10^9$  В/см;
- г) индуцирует гармонические колебания атомных осцилляторов;
- д) не влияет на движение электронов в атомах.

32. В уравнении нелинейной поляризации вещества  $P = \varepsilon_0(\chi^{(1)}E + \chi^{(2)}E^2 + \chi^{(3)}E^3 + \dots)$ , лежащем в основе нелинейной оптики,...

а)  $E$  – напряженность электрического поля световой волны, распространяющейся в веществе;

б)  $\chi^{(2)}$ ,  $\chi^{(3)}$ ; нелинейные восприимчивости среды, соответственно зависящие от напряженности внутриатомного поля по законам  $\sim \frac{\chi^{(1)}}{E_a^3}$ ,  $\sim \frac{\chi^{(1)}}{E_a^4}$ ;

в)  $\chi^{(2)}$ ,  $\chi^{(3)}$ ; нелинейные восприимчивости среды, соответственно зависящие от напряженности внутриатомного поля по законам  $\sim \frac{\chi^{(1)}}{E_a}$ ,  $\sim \frac{\chi^{(1)}}{E_a^2}$ ;

г)  $\chi^{(1)}$ ,  $\chi^{(2)}$ ,  $\chi^{(3)}$ ; линейная и нелинейные восприимчивости среды, соответственно зависящие от напряженности внутриатомного поля по законам  $\sim \frac{1}{E_a}$ ,  $\sim \frac{1}{E_a^3}$ ,  $\sim \frac{1}{E_a^5}$ ;

д)  $\chi^{(1)}$ ,  $\chi^{(2)}$ ,  $\chi^{(3)}$ ; линейная и нелинейные восприимчивости среды, соответственно зависящие от напряженности внутриатомного поля по законам  $\sim \frac{1}{E_a^2}$ ,  $\sim \frac{1}{E_a^4}$ ,  $\sim \frac{1}{E_a^6}$ .

33. В уравнении нелинейной поляризации вещества  $P = \varepsilon_0(\chi^{(1)}E + \chi^{(2)}E^2 + \chi^{(3)}E^3 + \dots)$ , лежащем в основе нелинейной оптики,...

а) второе слагаемое ответственно за генерацию второй гармоники, если на среду падает монохроматическая световая волна;

б) второе слагаемое ответственно за генерацию третьей гармоники;

в) второе слагаемое ответственно за эффект Керра, если  $E = E_0 + E_{ce}$ , где  $E_0$  характеризует статическое поле,  $E_{ce}$  – электрическое поле световой волны;

г) второе слагаемое ответственно за линейный электрооптический эффект (эффект Покельса), если  $E = E_0 + E_{св}$ , где  $E_0$  характеризует статическое поле,  $E_{св}$  – электрическое поле световой волны;

д) третье слагаемое описывает эффект Керра.

34. Причинами нелинейных оптических эффектов не может быть...

а) нелинейный отклик атомов и молекул на воздействие оптического излучения;

б) нелинейная зависимость изменения температуры вещества от напряженности электрического поля световой волны ( $\Delta T = \alpha E^2$ ), обуславливающая изменение показателя преломления среды;

в) электрострикционное световое давление, пропорциональное  $E^2$  и обуславливающее изменение плотности среды и генерацию звуковых волн;

г) линейный отклик атомов и молекул на воздействие оптического излучения.

35. Особая физическая информативность нелинейных свойств вещества связана с тем, что...

а) нелинейные восприимчивости различных веществ близки по значениям;

б) нелинейные восприимчивости  $\chi^{(3)}$  различных веществ могут отличаться на три порядка;

в) для измерений в экспериментах по нелинейной оптике используются особенно чувствительные приемники излучения;

г) на основе спектральных зависимостей нелинейных восприимчивостей формулируют критерии поиска и создания новых нелинейно-оптических материалов.

36. Явление самофокусировки оптического излучения...

а) в различных веществах реализуется при одинаковой критической мощности излучения;

б) в органических жидкостях наблюдается, если мощность света составляет десятки киловатт;

в) в некоторых кристаллах и оптических стеклах наблюдается, если мощность света не превышает нескольких ватт;

г) не удалось объяснить в современной оптике;

д) теоретически предсказано советским физиком Г. А. Аскарьяном в 1962 году.

37. Вследствие изменения показателя преломления под действием светового излучения...

а) происходит самосжатие (самофокусировка) пучка, если показатель преломления в зоне его действия больше, чем за её пределами;

б) происходит самофокусировка пучка, если показатель преломления в зоне его действия меньше, чем за её пределами;

в) происходит дефокусировка пучка, если показатель преломления в зоне его действия больше, чем за её пределами;

г) после самофокусировки пучка возможно его волноводное распространение в среде.

38. Самофокусировка пучка, радиус поперечного сечения которого при входе в вещество равен  $a$ , возможна, если толщина слоя вещества с линейным показателем преломления  $n_0$  (в формулах  $\Delta n = n_2 A_0^2$  – нелинейная добавка к показателю преломления,  $n_2 = \frac{16\pi^2}{n_0 c} \chi^{(3)}$ ,  $I_0$  – интенсивность света на оси пучка)...

а) не меньше  $L_{cf} = a \sqrt{\frac{n_0}{2\Delta n}}$ ;

б) равна  $L_{cf} = a \sqrt{\frac{n_0}{n_2 A_0^2}}$ ;

в) меньше  $L_{cf} = a \sqrt{\frac{n_0}{2n_2 I_0}}$ ;

г) больше длины самофокусировки;

д) произвольна.

39. Вследствие самофокусировки светового пучка в среде может...

а) увеличиваться дифракционная расходимость светового пучка;

б) увеличиваться геометрическая расходимость пучка;

в) возникать самодвижущийся фокус;

г) подавляться дифракционная расходимость;

д) уменьшаться плотность мощности излучения в поперечном сечении пучка.

40. В результате самовоздействия света может происходить...

а) генерация суммарных и разностных частот;

б) самофокусировка пучка;

- в) дефокусировка пучка;
- г) удвоение частоты излучения;
- д) фазовая самомодуляция и многократное увеличение спектра излучения на выходе из вещества.

41. Термином «нелинейные взаимодействия» обозначают...

- а) генерацию гармоник и смещение волн;
- б) самосжатие световых пучков;
- в) самодефокусировку световых пучков;
- г) самомодуляцию световых пучков;
- д) любые нелинейно-оптические явления.

42. Пробой среды при распространении в ней мощного оптического излучения может быть обусловлен...

- а) самодефокусировкой пучка;
- б) самофокусировкой пучка;
- в) любым из явлений, включенных в группу самовоздействий;
- г) неумелой юстировкой оптической схемы;
- д) энергией волн удвоенной частоты.

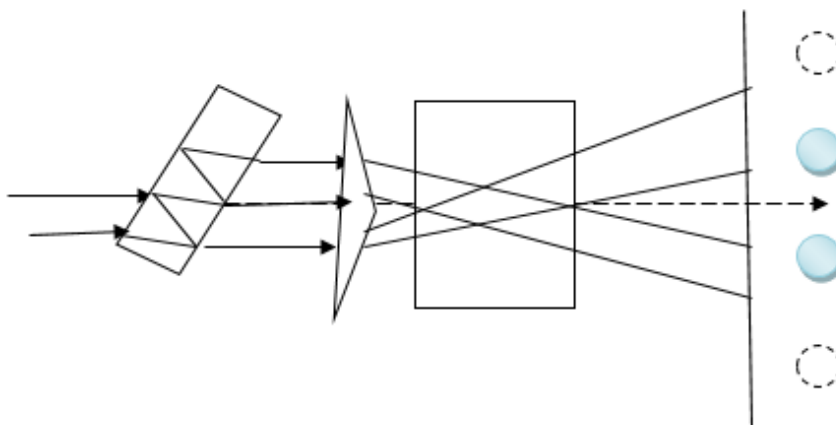
43. Просветление среды в поле высокоинтенсивного излучения...

- а) это фантастическое предположение;
- б) связано с потерей энергии светового пучка на этапе выравнивания населенностей уровней, соответствующих основному и возбужденному состояниям атомов (молекул);
  - в) не связано с зависимостью коэффициента поглощения от интенсивности света;
  - г) происходит в условиях насыщения резонансного перехода;
  - д) может иметь место, если длительность световых импульсов меньше характерных времен релаксации среды (эффект самоиндуцированной прозрачности).

44. К общим чертам различных нелинейно-оптических явлений относится(-ятся)...

- а) одинаковая нелинейная зависимость поляризации среды от напряженности электромагнитной волны;
- б) сильная зависимость от интенсивности света;
- в) одинаковый механизм, лежащий в их основе;
- г) то, что отклик среды не подчиняется линейному принципу суперпозиции;
- д) одинаковые условия наблюдения.

45. На рисунке изображена схема самодифракции – нелинейно-оптического явления, при котором...



- а) количество дифракционных пятен на экране увеличивается при увеличении интенсивности света;
- б) количество дифракционных пятен на экране уменьшается при увеличении интенсивности света;
- в) эквидистантно расположенные дополнительные пятна исчезают, если кювету с нелинейной средой выносят из области пересечения пучков за бипризмой;
- г) дополнительные пятна исчезнут, если в один из пучков ввести полуволновую фазовую пластинку так, что плоскость поляризации этого луча будет перпендикулярна плоскости поляризации второго луча;
- д) расстояние между пятнами не зависит от преломляющего угла бипризмы.

46. Наиболее характерное проявление параметрических нелинейно-оптических эффектов – ...

- а) преобразование частоты оптического излучения;
- б) самомодуляция световых импульсов;
- в) улучшение пространственной когерентности лазерного излучения;
- г) эффекты оптической бистабильности;
- д) коррекция волнового фронта.

47. Физический механизм параметрического преобразования частоты света связан...

- а) с рассеянием света на электронных, молекулярных, звуковых или других колебаниях;
- б) с ориентацией анизотропных молекул световой волной;

- в) с нелинейностью отклика атомных и молекулярных осцилляторов на воздействие излучения;
- г) с электрострикцией;
- д) с нагревом среды лазерным излучением.

48. Параметрические нелинейно-оптические эффекты применяют в целях...

- а) генерации когерентного излучения в ИК и УФ диапазонах;
- б) компрессии лазерных импульсов;
- в) визуализации ИК изображений;
- г) нелинейной спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния света (КАРС);
- д) моделирования нейронных сетей.

49. Вынужденное рассеяние света может быть обусловлено...

- а) нагревом среды оптическим излучением;
- б) нелинейностью атомного или молекулярного осциллятора;
- в) рассеянием света на колебаниях различной природы (электронных, молекулярных, звуковых и др.);
- г) ориентацией анизотропных молекул световой волной;
- д) возбуждением колебаний в среде световой волной.

50. Вынужденное рассеяние света применяется...

- а) для обращения волнового фронта излучения и его коррекции;
- б) для улучшения пространственной когерентности лазерных источников;
- в) для изготовления элементов оптического компьютера;
- г) для преобразования частоты лазерного излучения и компрессии лазерных импульсов;
- д) чаще всего для создания инверсии населенностей в газовых смесях.

51. Самовоздействие света...

- а) возможно в оптических средах различной природы и фазового состояния;
- б) не используется при создании бистабильных оптических элементов, элементов оптического компьютера и при моделировании нейронных сетей;
- в) используется в целях формирования сверхкоротких, в том числе фемтосекундных лазерных импульсов;
- г) является причиной генерации второй гармоники;
- д) лежит в основе процесса суммирования оптических частот.

52. Под действием мощной световой волны в квадратично нелинейной среде...

- а) должна возникать постоянная составляющая поляризации, величина которой прямо пропорциональна интенсивности света;
- б) нелинейная восприимчивость среды зависит от агармоничности элементарного осциллятора и линейной поляризуемости атома;
- в) эффект оптического детектирования не наблюдаем;
- г) возникают эффекты, которые нельзя использовать для измерения квадратичной оптической нелинейности веществ;
- д) нелинейная восприимчивость среды возрастает в резонансных условиях, когда частота световой волны  $\omega$  или частота второй гармоники  $2\omega$  близка к частоте  $\omega_0$  собственных колебаний элементарного осциллятора.

53. Уравнение движения электрона в квадратично нелинейной среде, облучаемой мощным лазерным излучением,...

- а) можно решить точно, аналогично уравнению о вынужденных колебаниях электрона в диспергирующей среде;
- б) следует решать методом возмущений, считая нелинейную поправку  $x_{нл}$  к смещению электрона малой по сравнению с линейной составляющей  $x_{л}$ ;
- в) представляет линейное уравнение вынужденных колебаний относительно  $x_{нл}$ , в котором функцию вынуждающей силы выполняет член  $\gamma x_{л}^2$ , определяемый при решении уравнения движения в линейном приближении.

54. Мощность второй гармоники, излучаемой нелинейным кристаллом,...

- а) всегда значительно меньше мощности непретворенной части возбуждающей волны;
- б) не может быть измерена, так как волны частоты  $\omega$  и  $2\omega$  распространяются в одном направлении;
- в) может быть значительной при выполнении условия волнового синхронизма, когда скорости волн на основной частоте и на частоте второй гармоники одинаковы:  $v(\omega) = v(2\omega)$ ;
- г) в условиях фазового синхронизма монотонно уменьшается по мере распространения световой волны в кристалле;
- д) в условиях фазового синхронизма монотонно увеличивается по мере распространения световой волны в кристалле.

### 55. Направление синхронизма в анизотропном кристалле...

а) это любое направление, в котором в кристалле распространяются волны накачки и второй гармоники;

б) это направление, в котором выполняется условие фазового синхронизма взаимодействующих волн;

в) отсутствует, если поверхность показателей преломления  $e$ -волны (частотой  $2\omega$ ) пересекается с поверхностью показателей преломления  $o$ -волны (частотой  $\omega$ ).

56. Если на кристалл, помещенный между зеркалами резонатора, одновременно направить мощную волну накачки (частотой  $\omega_n$ ) и две слабые волны (частотой  $\omega_1$  и  $\omega_2$ ), то...

а) при выполнении условия синхронизма ( $\vec{k}_1 + \vec{k}_2 = \vec{k}_n$ ) и закона сохранения энергии ( $\omega_1 + \omega_2 = \omega_n$ ) энергия волны накачки будет передаваться волнам с частотами  $\omega_1$  и  $\omega_2$ ;

б) при выполнении условия синхронизма энергия волны накачки будет передаваться только одной из волн с частотами  $\omega_1$  и  $\omega_2$ ;

в) получим устройство, не являющееся параметрическим генератором оптического излучения;

г) при постоянной частоте накачки  $\omega_n$  можно плавно изменять частоты  $\omega_1$  и  $\omega_2$ , поворачивая кристалл;

д) можно получить генерацию излучения, перекрывая диапазон от видимого до далекого инфракрасного с КПД преобразования в несколько процентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ахманов, С. А. Физическая оптика : учебник / С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин. – М. : МГУ, 1998. – 654 с.
2. Бутиков, Е. И. Оптика : учебное пособие / Е. И. Бутиков. – М. : Высшая школа, 1986. – 508 с.
3. Демтрёдер, В. Лазерная спектроскопия : основные принципы и техника эксперимента : пер. с англ. / В. Демтрёдер ; под ред. И. И. Собельмана. – М. : Наука, 1985. – 608 с.
4. Гуриков, В. А. Возникновение и развитие оптико-электронного приборостроения / В. А. Гуриков. – М. : Наука, 1981. – 191 с.
5. Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики : учебное пособие / С. И. Кузнецов, А. М. Лидер. – М. : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2024. – 212 с. – Режим доступа : <https://znanium.com/catalog/product/2120774>. – Дата доступа : 14.03.2026.
6. Ландсберг, Г. С. Оптика / Г. С. Ландсберг. – М. : Высшая школа, 1976. – 928 с.
7. Левшин, В. Л. Люминесценция и ее применение / В. Л. Левшин, Л. В. Левшин. – М. : Наука, 1972. – 183 с.
8. Матвеев, А. Н. Оптика / А. Н. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1985. – 351 с.
9. Миннарт, М. Свет и цвет в природе / М. Миннарт. – М. : гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959. – 433 с.
10. Саржевский, А. М. Оптика: полный курс / А. М. Саржевский. – М. : Ленанд, 2023. – 608 с.
11. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : в 5 т. Т. 4 : Оптика / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1980. – 752 с.
12. Смирнов, А. Г. Квантовая электроника и оптоэлектроника / А. Г. Смирнов. – Минск : Вышэйшая школа, 1987. – 196 с.
13. Ташлыкова-Бушкевич, И. И. Физика : учебник : в 2 ч. Ч. 2 : Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 232 с.
14. Физическая оптика : учебное пособие / А. С. Чирцов [и др.]. – СПб. : ИТМО, 2022. – 207 с.
15. Яворский, Б. М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф, А. К. Лебедев. – 8-е изд., перераб. и испр. – М. : ООО «Издательство Оникс» : ООО «Издательство «Мир и образование», 2007. – 1056 с.

Учебное издание

Годлевская Анна Николаевна

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОПТИКА»  
ЯВЛЕНИЯ КВАНТОВОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ**

Тестовые задания

Редактор Е. С. Балашова  
Корректор В. В. Калугина

Подписано в печать 29.04.2026. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,05.

Тираж 10 экз. Заказ 238.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования

«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий в качестве:

издателя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013 г.;

распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017 г.

Ул. Советская, 104, 246028, Гомель.



