

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Физика»

А. А. Бойко, Е. С. Петрова, П. С. Шаповалов

ФИЗИКА

ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу для студентов
всех специальностей заочной формы обучения**

В трех частях

Часть 3

Оптика. Атомная и ядерная физика

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2011

УДК 531/534+539.194(075.8)

ББК 22.36я73

Б77

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 6 от 09.06.2011 г.)*

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, доц. каф. «Высшая математика» ГГТУ им. П. О. Сухого
Л. Л. Великович

Бойко, А. А.

Б77

Физика : практикум по одноим. курсу для студентов всех специальностей заоч. формы обучения : в 3 ч. Ч. 3. Оптика. Атомная и ядерная физика / А. А. Бойко, Е. С. Петрова, П. С. Шаповалов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 37 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-123-9.

Представлены тестовые задания по разделу курса физики «Оптика. Атомная и ядерная физика». Даны вопросы и задания для проверки знаний, определений, основных законов и положений курса.

Для студентов всех специальностей заочной формы обучения.

УДК 531/534+539.194(075.8)

ББК 22.36я73

ISBN 978-985-535-123-9 (ч. 3)

ISBN 978-985-420-906-7

© Бойко А. А., Петрова Е. С.,
Шаповалов П. С., 2011

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2011

Предисловие

Практикум представляет собой образцы тестовых заданий по разделам курса физики «Оптика, атомная и ядерная физика». Тестовые задания, включенные в практикум, составлены в соответствии с требованиями образовательных стандартов и типовых учебных программ и нацелены на усвоение основных понятий, законов физической оптики, квантовой физики, атомной и ядерной физики.

Тестовые задачи составлены по типу заданий с ответами, один или несколько из которых являются правильными. Часть задач составлена на установление правильного соответствия между элементами двух множеств.

Практикум предназначен в помощь студентам заочной формы обучения для проверки усвоения ими учебного материала, а также может быть использован при подготовке к экзаменам, проводимым в тестовой форме. Данное учебное издание содержит также ряд контрольных вопросов и задач без выбора ответа и может быть полезно для студентов дневной формы обучения для подготовки к коллоквиумам по соответствующим разделам физики и для преподавателей, использующих в своей работе тестовый способ контроля знаний.

Основные законы и формулы «Оптика»

Скорость света в среде

$$v = c/n,$$

где c – скорость света в вакууме;
 n – показатель преломления среды

Связь длины волны с частотой
и скоростью распространения

$$v = \lambda \cdot \nu,$$

где λ – длина световой волны;
 ν – ее частота

Оптическая длина пути
световых волн

$$L = n \cdot l,$$

где l – геометрическая длина пути
световой волны в среде с показате-
лем преломления n

Оптическая разность хода
двух световых волн

$$\Delta = L_1 - L_2$$

Зависимость разности фаз
от оптической разности хода
световых волн

$$\Delta\varphi = 2\pi \left(\frac{\Delta}{\lambda} \right)$$

Условия максимального
усиления света при интерфе-
ренции

$$\Delta = +k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

Условие максимального
ослабления света при интерфе-
ренции

$$\Delta = \pm(2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

Оптическая разность хода
световых волн, возникающая
при отражении монохромати-
ческого света от тонкой пленки

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \pm \frac{\lambda}{2},$$

где d – толщина пленки; n – пока-
затель преломления пленки; α –
угол падения

Радиус светлых колец Ньютона
в отраженном свете

$$r_k = \sqrt{(2k - 1)R\lambda/2},$$

где k – номер кольца; R – радиус
кривизны линзы

Радиус темных колец Ньютона в отраженном свете

$$r_k = \sqrt{kR\lambda},$$

где k – порядковый номер кольца

$$b \sin \varphi = \pm m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

где b – ширина щели; m – порядковый номер минимума

Угол φ – отклонения лучей, соответствующий минимуму (темная полоса) при дифракции на одной щели, определяется из условия

$$d \sin \varphi = \pm m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

где d – период дифракционной решетки

Угол φ -отклонения лучей, соответствующий максимуму (светлая полоса) при дифракции света на дифракционной решетке, определяется из условия

$$R = \lambda / \Delta\lambda = k \cdot N,$$

где $\Delta\lambda$ – наименьшая разность длин волн двух соседних спектральных линий ($\lambda + \Delta\lambda$), при которой эти линии могут быть видны отдельно в спектре, полученном посредством данной решетки; N – полное число щелей решетки

Разрешающая способность дифракционной решетки

Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n_{12},$$

где α_B – угол падения, при котором отразившийся от диэлектрика луч полностью поляризован; n_{12} – относительный показатель преломления второй среды относительно первой

Закон Малюса

$$I = I_0 \cdot \cos^2 \alpha,$$

где I_0 – интенсивность плоскополяризованного света, падающего на поляризатор; I – интенсивность этого света после поляризатора; α – угол между плоскостью поляризации света и плоскостью пропускания поляризатора

Степень поляризации

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}},$$

где I_{\max} , I_{\min} – максимальное и минимальное значения света, прошедшего через поляризатор

Закон преломления

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1},$$

где α – угол падения света (угол между падающим лучом и перпендикуляром к поверхности среды в точке падения); β – угол преломления света; n_1 , n_2 – показатели преломления первой и второй среды

Полное внутреннее отражение

$$\sin \alpha = \frac{n_2}{n_1},$$

где α – предельный угол падения света, при котором наступает полное внутреннее отражения; n_1 – показатель преломления среды, в которой свет падает на среду с показателем преломления n_2 ($n_1 > n_2$)

Вопросы для самоконтроля по разделу «Оптика»

1. Что такое интерференция света? Сформулируйте необходимое условие интерференции двух произвольных электромагнитных волн.
2. Приведите принципиальную схему наблюдения интерференции при использовании точечного источника света. Как объяснить возможность наблюдения интерференции в неполяризованном свете?
3. Какие волны называются когерентными?
4. Какие методы получения когерентных лучей существуют в оптике?
5. Что такое временная когерентность, пространственная когерентность?
6. Чему равна разность фаз между двумя когерентными лучами, если разность хода между ними равна d .
7. Что такое оптическая длина пути?
8. Как связана интенсивность света с амплитудой плоской монохроматической волны?
9. Укажите лучи, которые интерферируют между собой в случае интерференции на плоскопараллельной пластинке и при образовании колец Ньютона.
10. Как возникают кольца Ньютона? Как можно в этом опыте измерить длину волны? Чем отличаются картины в отраженном и проходящем свете?
11. Дайте определение дифракции света.
12. Сформулируйте принцип Гюйгенса–Френеля.
13. Что собой представляют зоны Френеля? Какова их площадь и радиусы?
14. Нарисуйте опытную схему дифракции Фраунгофера и объясните назначение всех ее элементов.
15. Опишите дифракцию Фраунгофера на одной щели.
16. Что такое дифракционная решетка.
17. Опишите действия дифракционной решетки.
18. Какую максимальную длину волны можно наблюдать в спектре решетки с периодом d ?
19. Чем отличается естественный свет от плоскополяризованного?
20. Какая плоскость называется плоскостью поляризации. Какие вы знаете способы получения поляризованного света.
21. Естественный свет падает на поверхность стекла под углом Брюстера. Чему равна степень поляризации отраженного луча?

Тестовые задания

1. При каком значении разности хода при интерференции двух когерентных волн будет наблюдаться максимум интенсивности:

а) $\Delta = \pm(2m+1)\frac{\lambda}{2}$;

б) $2d n \cos r = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$;

в) $b \sin \varphi = \pm k\lambda$;

г) $\Delta = \pm 2m\frac{\lambda}{2}$;

д) $\operatorname{tg} \alpha = n_{21}$.

2. На рис. 1 изображено преломление света на границе двух сред. Какая среда оптически более плотная?

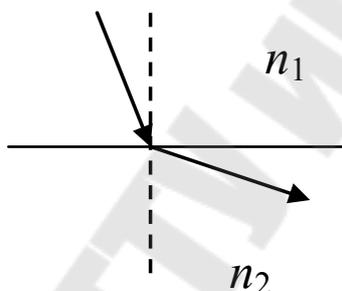


Рис. 1

а) первая;

б) вторая;

в) их оптические плотности одинаковы;

г) для решения задачи не хватает данных.

3. Относительный показатель преломления двух сред связан с предельным углом полного внутреннего отражения соотношением:

а) $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$;

б) $n = \frac{c}{v}$;

в) $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{12}$;

г) $\sin \alpha = n_{12}$;

д) $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$.

4. На рис. 2 изображены законы...

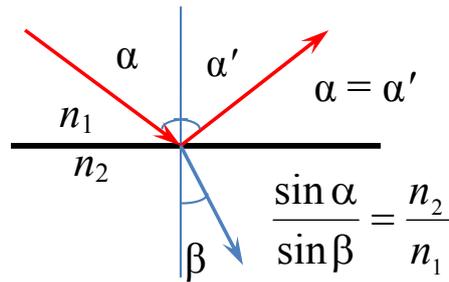


Рис. 2

5. Разность фаз δ колебаний, возбуждаемых в точке двумя монохроматическими волнами, определяется по формуле

а) $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta$;

б) $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos \delta$;

в) $\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$.

6. При падении света из оптически более плотной среды на оптически менее плотную $n_1 > n_2$ (например, из воды в воздух) при углах падения, превышающих некоторый предельный угол $\alpha_{\text{пр}}$, можно наблюдать явление, называемое...

7. Луч света падает на поверхность воды под углом 40° . Под каким углом должен упасть луч света на поверхность стекла, чтобы угол преломления оказался таким же, как и в первом случае? Показатель преломления воды 1,33; стекла – 1,5.

а) 72° ;

б) 35° ;

в) 27° ;

г) 47° ;

д) 40° .

8. Как изменяется скорость распространения света при переходе из вакуума в прозрачную среду с абсолютным показателем преломления $n = 2$?

а) увеличится в два раза;

б) останется неизменной;

в) уменьшится в два раза;

г) изменение зависит от угла падения.

9. Какие закономерности из перечисленных ниже явлений свидетельствуют о волновой природе света?

- 1) радужные переливы в тонких пленках;
 - 2) возникновение светлого пятна в центре тени;
 - 3) существование давления света при падении на тела;
 - 4) выбивание электронов с поверхности металлов светом.
- а) только 1; б) 1 и 2; в) 1, 2 и 3; г) 3, 4; д) только 4.

10. Установите соответствие между определением и его математическим выражением.

<i>Определение</i>	<i>Математическое выражение</i>
а) оптическая разность хода	1) $(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$
б) разность фаз волн	2) $(n_2 - n_1)l$
в) фаза волны	3) $\frac{2\pi}{\lambda}$
г) волновое число	4) $\frac{2\pi}{\lambda} \Delta$

а) _; б) _; в) _; г) _.

11. В чем состоит сущность явления интерференции света?

- а) в сложении волн любой природы;
- б) наложении двух или более световых волн с непрерывно меняющейся разностью фаз;
- в) наложении когерентных волн, при котором происходит пространственное перераспределение энергии светового излучения;
- г) разложении по частотам при прохождении света через призму;
- д) огибание волн препятствий.

12. Амплитуда результирующего колебания при сложении двух монохроматических волн с определяется по формуле:

- а) $I = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta$;
- б) $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos \delta}$;
- в) $\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$;
- г) $A = (A_1 + A_2) \cos^2 \alpha$.

13. Какие волны называются когерентными?

- а) если они имеют одинаковую частоту и разность фаз, не зависящую от времени;
- б) если они имеют одинаковую амплитуду;

в) если они имеют одинаковую частоту и разность фаз, равную нулю;

г) если они имеют одинаковую частоту и амплитуду.

14. Какие условия необходимы и достаточны для наблюдения минимума интерференции электромагнитных волн от двух источников?

а) источники волн когерентны, разность хода может быть любой;

б) источники волн когерентны, разность хода $\Delta = \pm(2m+1)\frac{\lambda}{2}$;

в) разность хода $\Delta = \pm(2m+1)\frac{\lambda}{2}$, источники могут быть любые;

г) источники волн когерентны, разность хода $\Delta = \pm 2m\frac{\lambda}{2}$.

15. Плоская прозрачная дифракционная решетка содержит 100 штрихов на 1 мм. Чему равна постоянная решетки?

а) 1 мм;

б) 100 мм;

в) 0,01 мм;

г) –0,02 мм;

д) 1 мкм.

16. Произведение геометрической длины пути l световой волны в данной среде на показатель преломления этой среды n называется...

17. При нормальном падении на дифракционную решетку монохроматического света с длиной волны 687 нм второму максимуму соответствует угол дифракции 20° . Чему равна постоянная решетки?

а) 2 мм;

б) 4 мкм;

в) 687 нм;

г) 10 мм.

18. Какие из перечисленных ниже явлений объясняются интерференцией света?

1 – радужная окраска тонких мыльных пленок;

2 – кольца Ньютона;

3 – появление светлого пятна в центре тени от малого непрозрачного диска;

4 – отклонение световых лучей в область геометрической тени?

а) только 1; б) 1 и 2; в) 1, 2, 3, 4; г) 3 и 4.

19. На пути монохроматического света с длиной волны 500 нм находится плоскопараллельная стеклянная пластинка толщиной 1 мм. Чему равен абсолютный показатель преломления стекла, если при

нормальном падении света оптическая длина пути в пластинке составляет 1,6 мм.

- а) 1;
- б) 1,6;
- в) 0,8;
- г) 1,33.

20. Какой из приведенных графиков (рис. 3) описывает распределение интенсивности в интерференционной картине схемы опыта Юнга?

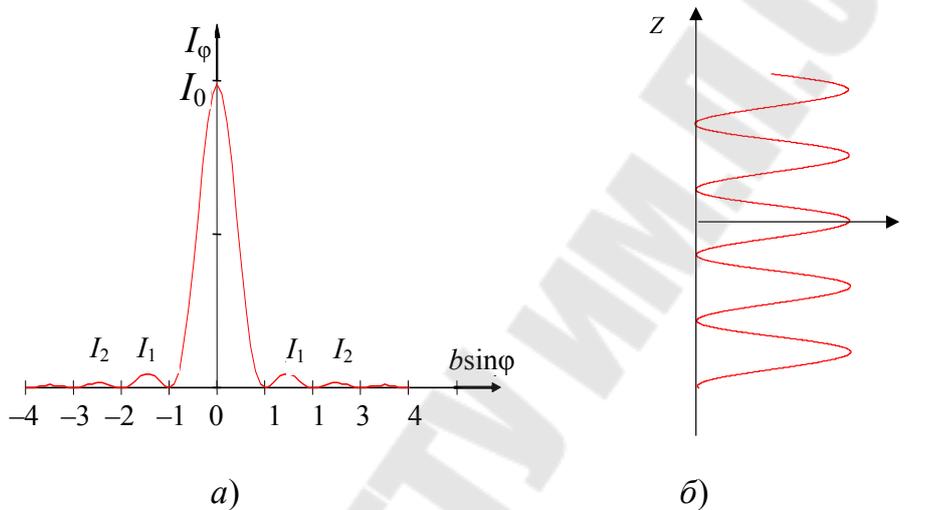


Рис. 3

21. Какие из перечисленных ниже явлений объясняются дифракцией света?

- 1 – радужная окраска тонких мыльных пленок;
 - 2 – кольца Ньютона;
 - 3 – появление светлого пятна в центре тени от малого непрозрачного диска;
 - 4 – отклонение световых лучей в область геометрической тени?
- а) только 1; б) 1 и 2; в) 1, 2, 3, 4; г) 3 и 4; д) только 3.

22. При интерференции на плоскопараллельной пластине для полос равного наклона интерференционный минимум наблюдается при условии:

а) $2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda_0}{2} = 2m\frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots);$

б) $2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda_0}{2} = (2m+1)\frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots).$

23. Условия минимума при дифракции Фраунгофера на одной щели имеют вид:

- а) $b \sin \varphi = \pm 2m(\lambda/2)$;
- б) $\operatorname{tg} \alpha = n_{21}$;
- в) $b \sin \varphi = \pm (2m+1)\lambda/2$;
- г) $\sin \varphi = \pm m\lambda$.

24. Источник излучает монохроматические световые волны, частота которых $5 \cdot 10^{15}$ Гц. Чему равна длина волны излучения?

- а) 5 нм;
- б) 600 нм;
- в) 5 м;
- г) 3 нм.

25. Вычислите радиусы первых двух зон Френеля для световой волны длиной λ , если расстояние от источника до волновой поверхности равно 1 м, расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения равно 1 м.

- а) $2\lambda, \lambda\sqrt{2}$;
- б) $2\sqrt{\lambda}, \lambda\sqrt{2}$;
- в) $\sqrt{\frac{\lambda}{2}}, \sqrt{\lambda}$.

26. Какое из приведенных выражений является условием наблюдения главных максимумов в спектре дифракционной решетки?

- а) $\Delta = \pm m\lambda$;
- б) $d \sin \varphi = \pm m\lambda$;
- в) $2hn \cos \beta = (2k+1)\lambda/2$;
- г) $2d \sin \varphi = \pm m\lambda$.

27. Дифракционная решетка имеет ряд параллельных щелей шириной b каждая, щели разделены непрозрачными промежутками шириной a . Каким условием определяется угол φ к нормали, под которым наблюдается 1-й дифракционный максимум?

- а) $b \sin \varphi = \lambda/2$;
- б) $a \sin \varphi = \lambda/2$;
- в) $(a+b) \sin \varphi = \lambda/2$;
- г) $(a+b) \sin \varphi = \lambda$.

28. Разность хода двух интерферирующих лучей равна $\lambda/4$. Чему равна разность фаз?

- а) $\pi/4$;
- б) $\pi/2$;
- в) π ;
- г) $3\pi/4$.

29. При переходе луча света из одной среды в другую угол падения равен 30° , а угол преломления 60° . Каков относительный показатель преломления второй среды относительно первой?

- а) 0,5;
- б) $\frac{\sqrt{3}}{2}$;
- в) $\frac{1}{\sqrt{3}}$;
- г) 2.

30. Радиусы темных колец Ньютона в отраженном свете определяются формулой:

- а) $r_k = \sqrt{(k-1)R\lambda}$;
- б) $r_k = \sqrt{(2k-1)\frac{R\lambda}{2}}$;
- в) $r_k = \sqrt{kR\frac{\lambda}{2}}$;
- г) $r_k = \sqrt{kR\lambda}$.

31. Для полос равного наклона интерференционный максимум наблюдается при условии:

- а) $2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda_0}{2} = 2m\frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$;
- б) $2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda_0}{2} = (2m+1)\frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$.

32. Два когерентных источника света с длиной волны 600 нм приходят в точку А экрана с разностью хода 0,9 мкм. Что будет наблюдаться на экране в точке А?

- а) максимум интенсивности света;
- б) минимум интенсивности света;
- в) определить невозможно.

33. Пучок белого света падает нормально на пластинку, толщина которой $d = 1$ мкм. Показатель преломления стекла $n = 1,5$. Какая область видимого спектра будет усиливаться в отраженном пучке?

- а) красная;
- б) желтая;
- в) зеленая;
- г) фиолетовая.

34. Как располагаются цвета в максимуме первого порядка при дифракции белого света?

35. В каком случае интенсивность световой волны больше, когда в точке наблюдения:

- а) открыта вся волновая поверхность;
- б) открыты две зоны Френеля;
- в) открыты три зоны Френеля;
- г) интенсивность световой волны не зависит от числа зон Френеля.

36. Условие максимумов интенсивности в интерференционной картине при отражении световой волны от плоскопараллельной пластинки толщины d имеет вид:

- а) $2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1} = (2m + 1)\lambda$;
- б) $2dncos\theta_2 = m\lambda$;
- в) $2dncos\theta_2 = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$;
- г) $2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1} = m\lambda$.

37. Радиус m -й зоны Френеля для сферической волны определяется выражением:

- а) $\sqrt{\frac{2Rm\lambda}{a+b}}$;
- б) $\sqrt{\frac{ab}{a+b}}m\lambda$;
- в) $\sqrt{\frac{a+b}{ab}}m\lambda$;
- г) $\sqrt{\frac{m\lambda}{a+b}}$.

38. Амплитуда колебания световой волны, создаваемая в некоторой точке А всей сферической волновой поверхностью, равна:

- а) $\frac{A_1}{2}$;
 б) $\frac{A_1}{2} + \frac{A_m}{2}$;
 в) $\frac{A_1^2}{4}$;
 г) $\frac{A_1}{2} - \frac{A_m}{2}$.

39. На пути точечного источника поставлен непрозрачный диск, который закрывает первую зону Френеля. Что будет наблюдаться на экране?

- а) на экране будет наблюдаться дифракционная картина в виде чередования светлых и темных колец;
 б) на экране будет наблюдаться дифракционная картина в виде чередования темных и светлых колец;
 в) свет не отбрасывает тени – освещенность экрана всюду остается такой же, как и при отсутствии преграды.

40. Радиусы m -й зоны Френеля в случае плоской волны определяются выражением:

- а) $r_m = \sqrt{m(a+b)\frac{\lambda}{2}}$;
 б) $r_m = \sqrt{bm\lambda}$;
 в) $r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b}m\lambda}$.

41. Плоская световая волна (с длиной волны λ) падает нормально на узкую щель шириной b . График зависимости $I = f(\sin \varphi)$ интенсивности света в дифракционной картинке, наблюдаемой на экране, имеет вид, изображенный на рис. 4.

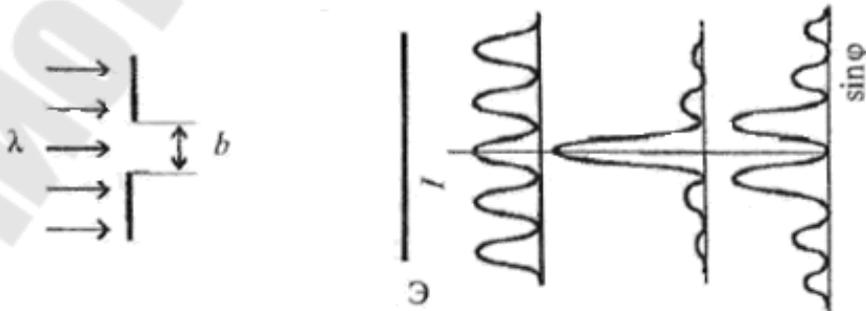


Рис. 4

42. Закону поставьте в соответствие математическое выражение.

<i>Закон</i>	<i>Математическое выражение</i>
а) закон полного внутреннего отражения	1) $I = I_0 \cos^2 \varphi$
б) закон Брюстера	2) $\sin \theta = n_{21}$
в) закон Малюса	3) $2d \sin \theta = \pm m \lambda$
г) формула Брэгга–Вульфа	4) $\operatorname{tg} \theta = n_{21}$

а) _; б) _; в) _; г) _.

43. Естественный свет падает на поверхность стекла под углом Брюстера. Чему равна степень поляризации отраженных лучей?

- а) 0,5;
- б) 0,25;
- в) 0;
- г) 1.

44. Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшается в два раза?

- а) π ;
- б) $\pi/3$;
- в) $\pi/4$;
- г) $\pi/2$.

45. Степень поляризации P частично поляризованного света равна 0,5. Во сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого через поляризатор, от минимальной.

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Задачи без выбора ответа

1. Продолжите ход лучей в плоскопараллельной пластинке (рис. 5).

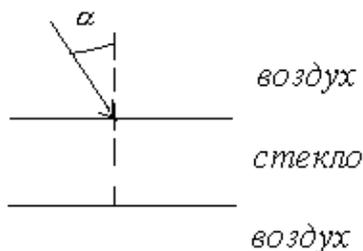


Рис. 5

2. Луч света выходит из стекла в вакуум. Предельный угол равен 42 град. Определить скорость света в стекле.

3. На тонкую пленку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Отраженный от нее свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину d_{\min} пленки, если показатель преломления материала пленки $n = 1,4$.

4. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом $\lambda = 600$ нм. Расстояние между отверстиями 1 мм, расстояние от отверстий до экрана 3 м. Найти положение трех первых светлых полос.

5. Плосковыпуклая линза радиусом кривизны 4 м выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определите длину волны монохроматического света, если радиус пятого светлого кольца в отраженном свете равен 3 мм.

6. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр $\lambda = 500$ нм заменить красным $\lambda = 650$ нм.

7. Свет от монохроматического источника ($\lambda = 600$ нм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием. Диаметр отверстия 6 мм. За диафрагмой на расстоянии 3 м от нее находится экран. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии диафрагмы?

8. На узкую щель падает нормально монохроматический свет. Его направление на четвертую темную дифракционную полосу равно $2^\circ 12'$. Определите, сколько длин волн укладывается на ширине щели.

9. На щель шириной 2 мкм падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 589 нм. Найти угол, в направлении которого будет наблюдаться первый минимум интенсивности света.

10. Точечный источник света расположен на расстоянии $a = 1$ м перед диафрагмой с круглым отверстием диаметром $d = 2$ мм. Длина волны света составляет 0,5 мкм. Определите расстояние от диафрагмы до точки наблюдения, если отверстие открывает три зоны Френеля.

11. Узкий параллельный пучок монохроматического рентгеновского излучения падает на грань кристалла с расстоянием между его атомными плоскостями 0,3 нм. Определите длину волны рентгеновского излучения, если под углом 30 град к плоскости грани наблюдается дифракционный максимум первого порядка.

12. Определите, во сколько раз ослабится интенсивность света, прошедшего через два поляризатора, расположенные так, что угол между их главными плоскостями составляет 60 град.

13. Пучок естественного света падает на стеклянную пластину под углом 58 град. Определите показатель преломления стекла, если отраженный луч является полностью плоскополяризованным.

14. Анализатор в два раза уменьшает интенсивность света, проходящего к нему от поляризатора. Определите угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора.

Основные законы и формулы «Квантовая оптика, атомная физика, элементы квантовой механики»

Закон Стефана–Больцмана

$$R = \sigma T^4,$$

где R – энергетическая светимость абсолютно черного тела; σ – постоянная Стефана–Больцмана; T – термодинамическая температура

Закон смещения Вина

$$\lambda_m = b/T,$$

где λ_m – длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения; b – постоянная Вина

Формула Рэлея–Джинса для спектральной плотности энергетической светимости черного тела

$$r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \langle \varepsilon \rangle = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT,$$

где $\langle \varepsilon \rangle = kT$ – средняя энергия осциллятора с собственной частотой ν

Формула Планка для универсальной функции Кирхгофа

$$r_{\nu,T} = \frac{2\pi h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp(h\nu/kT) - 1}$$

Энергия фотона

$$\varepsilon = h\nu \text{ или } \varepsilon = \hbar \cdot \omega,$$

где $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка; \hbar – постоянная Планка, деленная на 2π ; ν – частота фотона; ω – циклическая частота

Масса фотона

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{c\lambda},$$

где c – скорость света в вакууме; λ – длина волны фотона

Импульс фотона

$$p = m \cdot c = h/\lambda$$

Формула Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A_{\text{вых}} + K_{\text{max}} = A_{\text{вых}} + m\vartheta^2/2,$$

где $h\nu$ – энергия фотона, падающего на поверхность металла; $A_{\text{вых}}$ – работа выхода электрона; K_{max} – максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона

Красная граница фотоэффекта

$$\nu_0 = A_{\text{ВЫХ}} / h \quad \text{или} \quad \lambda_0 = hc / A_{\text{ВЫХ}},$$

где ν_0 – минимальная частота света, при которой еще возможен фотоэффект; λ_0 – максимальная длина волны света, при которой еще возможен фотоэффект; h – постоянная Планка; c – скорость света в вакууме

Формула Комптона

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta),$$

где λ – длина волны фотона, встретившегося со свободным или слабо-связанным электроном; λ' – длина волны фотона, рассеянного на угол θ после столкновения с электроном; m_0 – масса покоящегося электрона

Комптоновская длина волны

$$\lambda_C = h/m_0c,$$

$$\lambda_C = 2,436 \text{ пм}$$

Соотношение де Бройля

$$\lambda = h/p = h/mv,$$

$$p = mv \text{ – импульс частицы}$$

**Вопросы для самоконтроля по разделу
«Квантовая оптика, атомная физика,
элементы квантовой механики»**

1. В чем заключается явление фотоэффекта?
2. Каковы основные закономерности фотоэффекта?
3. Объясните уравнение Эйнштейна исходя из законов фотоэффекта.
4. Как можно определить кинетическую энергию электрона, вырванного с поверхности металла вследствие фотоэффекта?
5. При каком напряжении на фотоэлементе ток анода становится равным нулю?
6. С помощью какой характеристики фотоэффекта можно определить постоянную Планка?
7. Граничная длина волны фотоэффекта некоторого вещества составляет 300 нм, определите работу выхода $A_{\text{вых}}$.
8. Работа выхода бария 2,48 эВ. Чему равна максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, выбитых из бария фотонами с $\lambda = 200$ нм?
9. Опишите суть эффекта Комптона.
10. На основе каких предположений удалось объяснить изменение частоты излучения при его рассеивании веществом (в эффекте Комптона)?
11. Почему эффект Комптона нельзя объяснить с помощью волновой теории света?
12. Почему уравнение движения Ньютона нельзя использовать для описания движения микрочастиц?
13. Можно ли в квантовой механике говорить о кинетической энергии частиц?
14. По какой формуле вычисляется полная энергия электрона в атоме водорода?
15. Какое квантовое число определяет полную энергию электрона в атоме водорода?
16. Какое состояние атома называют основным?
17. Любую ли энергию может поглощать атом?

Тестовые задания

1. Закон Стефана–Больцмана выражает зависимость... и определяется по формуле

а) $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$;

б) $R = \sigma T^4$;

в) $r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT$;

г) $\varepsilon_0 = h\nu$.

2. При фиксированной частоте излучения величина фототока насыщения пропорциональна

а) частоте света;

б) интенсивности света;

в) разности потенциалов между анодом и катодом;

г) работе выхода электрона.

3. Закон смещения Вина определяет... и определяется по формуле:

а) $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$;

б) $R = \sigma T^4$;

в) $r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT$;

г) $\varepsilon_0 = h\nu$.

4. Формула Рэлея–Джинса выражает зависимость... и имеет вид:

а) $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$;

б) $R = \sigma T^4$;

в) $r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT$;

г) $\varepsilon_0 = h\nu$.

5. Закону поставьте в соответствие математическое выражение.

Закон
а) Кирхгофа

Математическое выражение

1) $T \lambda_m = b$

б) Рэлея–Джинса

2) $\left(\frac{r_{\nu,T}}{a_{\nu,t}} \right)_1 = \left(\frac{r_{\nu,T}}{a_{\nu,t}} \right)_2 = \left(\frac{r_{\nu,T}}{a_{\nu,t}} \right)_3 = f(\nu, T)$

в) Стефана–Больцмана 3) $f(\omega, T) = \frac{\hbar \omega^2}{4\pi^2 c^2} kT$

г) Вина 4) $R = \sigma T^4$

6. Температура абсолютно черного тела уменьшилась в 3 раза. Как изменится при этом длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности черного тела?

- а) не изменилась;
- б) уменьшилась в 3 раза;
- в) увеличилась в 3 раза;
- г) увеличилась в 81 раз.

7. Установите соответствие.

Явление

Математическое выражение

а) фотоэффект

1) $p = \frac{W}{c} (1 + \rho)$

б) эффект Комптона

2) $\lambda_0 = \frac{2\pi\hbar c}{A}$

в) красная граница фотоэффекта

3) $\hbar\omega = A + \frac{mV^2}{2}$

г) давление света

4) $\lambda' - \lambda = \frac{2\pi\hbar}{m_e c} (1 - \cos\theta)$

8. Каким законом описывается график 2, представленный на рис. 6?

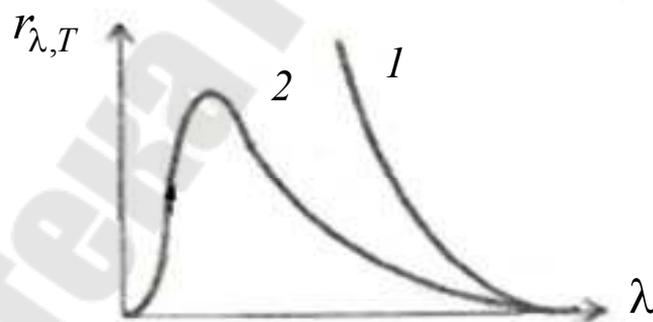


Рис. 6

- а) Стефана–Больцмана;
- б) Вина;
- в) Рэлея–Джинса;
- г) Планка.

9. График 2, представленный на рис. 6, описывается уравнением:

а) $r_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp[hc/(\lambda kT)] - 1}$;

б) $r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT$;

в) $r_{\lambda,\max} = c^n T^5$;

г) $r_{\nu,T} = \frac{2\pi h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp[hc/(kT)] - 1}$.

10. Энергия фотона определяется по формуле:

а) $\varepsilon_0 = h\nu$;

б) $m = \frac{h\nu}{c^2}$;

в) $p = \frac{h\nu}{c}$.

11. Импульс фотона равен импульсу электрона, прошедшего разность потенциалов 4,9 В. Длина волны фотона равна:

а) 400 нм;

б) 450 нм;

в) 500 нм;

г) 550 нм;

д) 600 нм.

12. Если частоту света, падающего на металл, увеличить в два раза, то максимальная кинетическая энергия выбитых фотоэлектронов увеличится:

а) в 2 раза;

б) более чем в 2 раза;

в) менее чем в 2 раза;

г) не изменится;

д) зависит от работы выхода.

13. Для изотерм абсолютно черного тела, представленных на рис. 7, установите правильное соотношение температур.

а) $T_1 < T_2 < T_3$;

б) $T_1 > T_2 > T_3$;

в) $T_1 = T_2 = T_3$.

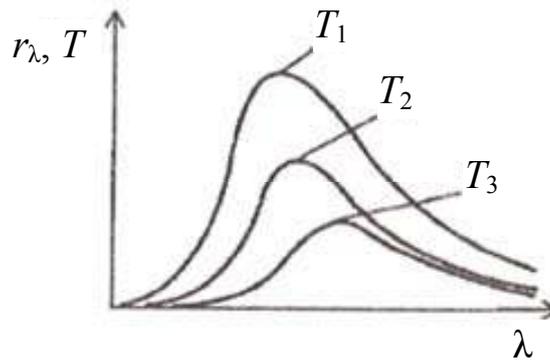


Рис. 7

14. Во сколько раз изменится энергетическая светимость абсолютного черного тела при увеличении температуры в 2 раза?

- а) увеличится в 2 раза;
- б) увеличится в 16 раз;
- в) уменьшится в 2 раза;
- г) не изменится.

15. Работа выхода электрона зависит от:

- 1) частоты падающего света;
- 2) плотности светового потока;
- 3) природы металла;
- 4) интенсивности падающего света.

а) 1; б) 3; в) 1, 2; г) 4; д) 2; е) 1, 2, 3, 4.

16. Какое из приведенных выражений описывает эффект Комптона:

а) $\hbar\omega = A_{\text{вых}} + K_{\text{max}}$;

б) $\Delta\lambda = 2\lambda_c \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)$;

в) $E = h\nu$.

17. Какие явления подтверждают корпускулярную природу фотонов света?

- 1) интерференция света;
- 2) поляризация света;
- 3) внешний фотоэффект;
- 4) дифракция света.

а) 1; б) 3; в) 1, 2; г) 1, 3; д) 2.

18. При освещении металлической поверхности света различного спектрального состава наибольшее действие оказывают:

- а) инфракрасные лучи;
- б) красные лучи;

- в) зеленые лучи;
- г) синие лучи;
- д) ультрафиолетовые лучи.

Ответ обосновать.

19. Чтобы энергия фотона увеличилась в 2 раза, его длину волны надо:

- а) уменьшить на 100 %;
- б) увеличить на 100 %;
- в) уменьшить на 50 %;
- г) увеличить на 50 %;
- д) уменьшить на 20 %.

20. Если длина волны де Бройля электрона $3,9 \cdot 10^{-12}$ м, то электрон прошел ускоряющую разность потенциалов, равную:

- а) 0,1 кВ;
- б) 0,5 кВ;
- в) 1 кВ;
- г) 1,5 кВ;
- д) 2 кВ.

21. Чему равен момент импульса орбитального движения электрона, находящегося в атоме в p -состоянии?

- а) 0;
- б) \hbar ;
- в) $\hbar\sqrt{2}$.

22. Гипотеза де Бройля выражается соотношением:

- а) $\lambda = \frac{h}{p}$;
- б) $\nu = \frac{\varepsilon}{h}$;
- в) $\lambda = \frac{c}{\nu}$;
- г) $\nu = \frac{E_n - E_m}{h}$.

23. Собственные значения энергии водородоподобного атома записываются в виде:

- а) $E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2$;
- б) $E = (n + \frac{1}{2}) \hbar \omega$;

$$в) E = -\frac{m_e Z^2 e^4}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2}.$$

24. Формула $E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{Z^2 m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) определяет...

25. Макс Планк предположил, что атомные осцилляторы излучают энергию... и она определяется по формуле:

а) $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$;

б) $R = \sigma T^4$;

в) $r_{v,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT$;

г) $\epsilon_0 = h\nu$.

26. На рис. 8 представлена энергетическая диаграмма состояний электрона в атоме водорода. Переход электрона с одной орбиты на другую с излучением минимальной длины волны обозначен цифрой:

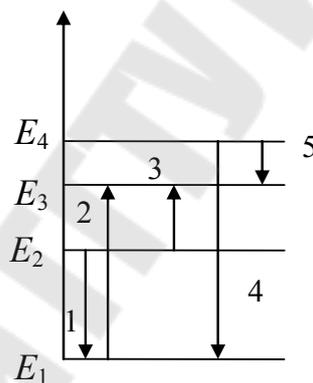


Рис. 8

а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4;

д) 5.

27. Запишите формулу спектральной серии Бальмера, ответ поясните рисунком:

а) $R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 2, 3, 4, \dots$;

б) $R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right), n = 4, 5, 6, \dots;$

в) $R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right), n = 3, 4, 5, \dots;$

г) $R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right), n = 6, 7, 8, \dots$

28. Электрон и протон движутся с одинаковой скоростью. Какой из этих частиц соответствует меньшая длина волны? Ответ поясните.

а) электрону;

б) протону.

29. Установите соответствие между физической величиной и ее определением.

Физическая величина

Определение

а) энергия фотона

1) $\frac{h\nu}{c}$

б) импульс фотона

2) $\frac{2\pi\hbar}{m_e c}$

в) масса фотона

3) $\hbar\omega$

г) комптоновская длина волны

4) $\frac{h\theta}{c^2}$

а) _; б) _; в) _; г) _.

30. Максимальное количество электронов, у которых могут быть одинаковыми три квантовых числа n, l, m_l , равно:

а) 1;

б) 2;

в) 8;

г) 12;

д) 18.

31. Атом водорода переходит с первого энергетического уровня на третий. Число линий, которые можно обнаружить в спектре испускания такого атома, равно:

а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4;

д) 5.

32. Максимальное число электронов в состоянии с главным квантовым числом $n = 4$ равно:

- а) 32;
- б) 18;
- в) 8;
- г) 50.

Задачи без выбора ответа

1. Чему равна скорость атома гелия для длины волны 10 нм?
2. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с 2,4 на 0,8 мкм. Как и во сколько раз изменилась энергетическая светимость?
3. Работа выхода бария равна 2,48 эВ. Чему равна максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вырванных с поверхности бария фотонами с длиной волны 22 нм?
4. Летящая свинцовая дробинка имеет массу 0,1 г и скорость 300 м/с. Определите длину волны де Бройля.
5. При остывании абсолютно черного тела посредством лучеиспускания длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости, сместилась на 50 нм. Определить, на сколько градусов остыло тело, если первоначальная температура была 2000 К.
6. Определите температуру тела, при которой энергетическая светимость абсолютно черного тела равна 10 кВт/м^2 .
7. Мощность излучения абсолютно черного тела равна 34 кВт. Найдите температуру этого тела, если известно, что поверхность его равна $0,6 \text{ м}^2$.
8. Вычислите полную энергию и орбитальный момент импульса электрона в состоянии $2p$.
9. С поверхности абсолютно черного тела площадью поверхности 20 см^2 за 1 мин 40 с излучается 11,34 кДж энергии. Определите температуру поверхности излучателя.
10. Определите энергию, массу и импульс фотона с длиной волны 500 нм.
11. Определите длину волны де Бройля для электрона, движущегося со скоростью 2 км/с.
12. Какие значения принимает орбитальное квантовое число l при $n = 5$?

Основные законы и формулы «Ядерная физика»

Заряд ядра

$$q = Ze,$$

где Z – порядковый номер химического элемента в таблице Менделеева; e – элементарный заряд

Дефект массы

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}},$$

$m_p = 1,007276$ а. е. м. – масса протона; $m_n = 1,008665$ а. е. м. – масса нейтрона; $m_{\text{я}}$ – масса ядра

Энергия связи ядра

$$W_{\text{св}} = \Delta mc^2 = \\ = (Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}})c^2$$

Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 \exp[-\lambda t],$$

где N – число ядер, нераспавшихся к моменту времени t ; N_0 – начальное число нераспавшихся ядер; λ – постоянная радиоактивного распада

Период полураспада – время, за которое исходное число радиоактивных ядер уменьшается вдвое

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 0,693/\lambda$$

Схема процесса α -распада

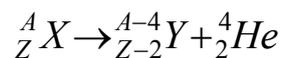


Схема процесса β^- -распада

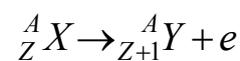
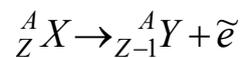


Схема процесса β^+ -распада



Вопросы для самоконтроля по разделу «Ядерная физика»

1. Что в ядре атома является носителем заряда?
2. Что имеет большую массу: ядро или сумма его составных частей?
3. Что называют естественной радиоактивностью?
4. Какой из изотопов ${}_{92}^{235}\text{U}$ или ${}_{92}^{238}\text{U}$ имеет больше нейтронов в ядре?
5. Какие ядра называют изотопами?
6. Будет ли энергетически выгоден процесс деления ядер с массовыми числами $A = 50\text{--}60$ и почему?
7. Вычислите энергию связи ядра кислорода ${}_{8}^{16}\text{O}$.
8. Сколько протонов содержится в ядре бария ${}_{56}\text{Ba}^{137}$?
9. Сколько нейтронов содержится в ядре хлора ${}_{17}^{35}\text{Cl}$?
10. Определите энергию, необходимую для того, чтобы удалить из ядра ${}_{8}^{16}\text{O}$ один протон.
11. Объясните, почему плотность ядерного вещества примерно одинакова для всех ядер?

Тестовые задания

1. Укажите, какая частица образуется в результате реакции ${}^4_2\text{He} + {}^7_3\text{Li} = {}^{10}_5\text{B} + \text{X}$:

- а) электрон;
- б) нейтрон;
- в) протон;
- г) дейтрон.

2. При бомбардировке α -частицами ядер алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$ образуется новое ядро неизвестного элемента X и 1_0n . Этим элементом является:

- а) ${}^{20}_{10}\text{B}$;
- б) ${}^{23}_{11}\text{Na}$;
- в) ${}^{30}_{15}\text{P}$;
- г) ${}^{32}_{14}\text{Si}$.

3. Ядро радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ испытывает α -распад. Какое ядро образуется в результате радиоактивного распада?

- а) ${}^{209}_{84}\text{Po}$;
- б) ${}^{222}_{86}\text{Rn}$;
- в) ${}^{232}_{90}\text{Th}$;
- г) ${}^{285}_{92}\text{U}$.

4. Какие из фундаментальных взаимодействий ответственны за связь нуклонов в ядре?

- а) сильные взаимодействия;
- б) электромагнитные взаимодействия;
- в) гравитационные взаимодействия;
- г) слабые взаимодействия.

5. В реакции радиоактивного превращения ядра бериллия ${}^9_4\text{Be}$ в изотоп углерода ${}^{12}_6\text{C}$ при бомбардировке α -частицами появляются:

- а) нейтрон;
- б) протон;
- в) электрон;
- г) позитрон;
- д) γ -квант.

6. Ядра атомов имеют размер порядка:

- а) 10^{-6} см;
- б) 10^{-8} см;
- в) 10^{-10} см;
- г) 10^{-13} см;
- д) 10^{-15} см.

7. Определению поставьте в соответствие название ядер.

<i>Определение</i>	<i>Название ядер</i>
а) ядра с одинаковым массовым числом	1) изомеры
б) ядра с одинаковым числом нейтронов	2) изотопы
в) ядра с одинаковым зарядом, но разными массовыми числами	3) изобары
г) ядра с одинаковым зарядом и массовым числом, но с разными периодами полураспада	4) изотоны

8. Приведите в соответствие определению его математическое выражение.

<i>Определение</i>	<i>Математическое выражение</i>
а) массовое число	1) $Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}$
б) энергия связи нуклонов в ядре	2) $c^2 [zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}] / A$
в) дефект массы	3) $W_{\text{св}} = (Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}})c^2$
г) удельная энергия связи	4) A

а) $\underline{\quad}$; б) $\underline{\quad}$; в) $\underline{\quad}$; г) $\underline{\quad}$; д) $\underline{\quad}$.

9. Ядро радия ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ претерпевает α -распад. Какое ядро образуется в результате радиоактивного распада?

- а) ${}_{84}^{209}\text{Po}$;
- б) ${}_{86}^{222}\text{Rn}$;
- в) ${}_{90}^{232}\text{Th}$;
- г) ${}_{92}^{235}\text{U}$.

10. За один год после начала распада начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в 3 раза. За три года оно уменьшится в ... раз.

- а) 9;
- б) 18;
- в) 27;
- г) 36;
- д) 81.

Задачи без выбора ответа

1. Запишите уравнение α -распада для радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$.
2. Сколько α - и β -частиц выбрасывается при превращении ядра ${}^{233}_{92}\text{U}$ в ядро висмута ${}^{209}_{83}\text{Bi}$?
3. Радиоактивный изотоп радия ${}^{228}_{88}\text{Ra}$ претерпевает четыре α -распада и два β -распада. Определите для конечного ядра: 1) зарядовое число; 2) массовое число A .
4. Вычислите период полураспада некоторого радиоактивного изотопа, если за 10 суток распалось 75 % его ядер.
5. Какое ядро образуется в результате электронного β -распада ядра изотопа водорода ${}^3_1\text{H}$.
6. Если активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 суток, то период его полураспада равен ... суток.
7. Найти число распадов за 1 с в 1 г радия ($T = 1590$ лет).

Содержание

Предисловие.....	3
Основные законы и формулы «Оптика»	4
Вопросы для самоконтроля по разделу «Оптика».....	7
Тестовые задания	8
Задачи без выбора ответа	18
Основные законы и формулы «Квантовая оптика, атомная физика, элементы квантовой механики».....	20
Вопросы для самоконтроля по разделу «Квантовая оптика, атомная физика, элементы квантовой механики».....	22
Тестовые задания	23
Задачи без выбора ответа	31
Основные законы и формулы «Ядерная физика».....	32
Вопросы для самоконтроля по разделу «Ядерная физика».....	33
Тестовые задания	34
Задачи без выбора ответа	36

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Бойко Андрей Андреевич
Петрова Елена Сергеевна
Шаповалов Петр Степанович

ФИЗИКА

Практикум
по одноименному курсу для студентов
всех специальностей заочной формы обучения
В трех частях
Часть 3
Оптика. Атомная и ядерная физика

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. В. Гладкова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 28.09.11.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,14.

Изд. № 42.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48