

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

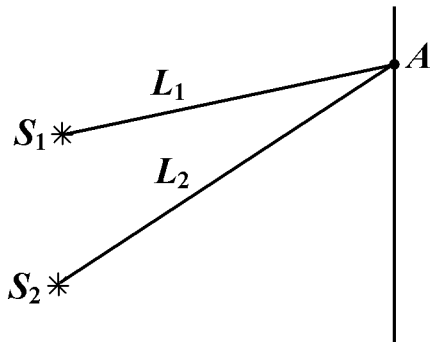
**ФИЗИКА В ТЕСТАХ.
ЧАСТЬ IV. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА.
ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ**

ДГТУ
Ростов-на-Дону
2022

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

ЗАДАНИЕ № 1

Если S_1 и S_2 – источники когерентных волн, а L_1 и L_2 – расстояния от точки A до источников, то в точке A наблюдается минимум интерференции в воздухе при условии...

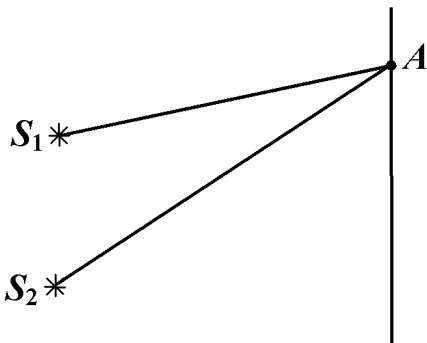


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $L_2 - L_1 = (2m - 1) \frac{\lambda}{2}, m = 1, 2, 3 \dots ;$
- 2) $L_2 - L_1 = 2m \frac{\lambda}{2}, m = 0, 1, 2, 3 \dots ;$
- 3) $L_2 - L_1 = m \frac{\lambda}{4}, m = 0, 1, 2, 3 \dots ;$
- 4) $L_2 - L_1 = m \frac{\lambda}{2}, m = 0, 1, 2, 3 \dots .$

ЗАДАНИЕ № 2

Для точки A оптическая разность хода лучей от двух когерентных источников S_1 и S_2 равна $1,2 \text{ мкм}$. Если длина волны в вакууме 600 нм , то в точке A будет наблюдаться...

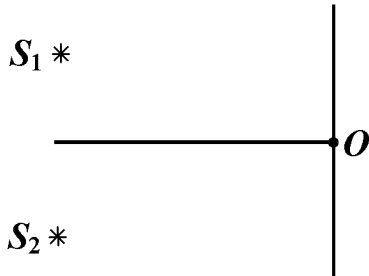


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) максимум интерференции, так как разность хода равна четному числу полуволн ;
- 2) минимум интерференции, так как разность хода равна четному числу полуволн ;
- 3) минимум интерференции, так как разность хода равна нечетному числу полуволн ;
- 4) максимум интерференции, так как разность хода равна нечетному числу полуволн .

ЗАДАНИЕ № 3

Если S_1 и S_2 – источники когерентных волн, то разность фаз колебаний, возбуждаемых этими волнами в точке O (центральный максимум) равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 0 ; 2) π ; 3) 2π ; 4) $\frac{\pi}{2}$.

Указания к заданиям № 1 – 3

Для случая двух источников когерентных волн с нулевой разностью фаз справедливы следующие заключения:

1) если L_1 и L_2 – оптические длины путей, проходимых волнами, соответственно, от источников 1 и 2 до точки C , то в этой точке C интерференционный максимум наблюдается при условии:

$$\Delta = \pm 2m \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

а интерференционный минимум наблюдается при условии:

$$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

где Δ – оптическая разность хода двух волн: $\Delta = (L_2 - L_1)$;

(Оптическая длина пути $L = ns$, где n – показатель преломления среды, s – геометрическая длина пути световой волны);

λ_0 – длина световой волны;

2) разность фаз $\Delta\varphi$ двух колебаний в точке C , возбуждаемых волнами от источников 1 и 2:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_2 - L_1) .$$

ЗАДАНИЕ № 4

Тонкая пленка вследствие явления интерференции в отраженном свете имеет зеленый цвет. При увеличении показателя преломления пленки ее цвет...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) не изменится ;
2) станет синим ;
3) станет красным .

ЗАДАНИЕ № 5

Тонкая пленка вследствие явления интерференции в отраженном свете имеет зеленый цвет. При уменьшении показателя преломления пленки ее цвет...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) не изменится ;
- 2) станет синим ;
- 3) станет красным .

ЗАДАНИЕ № 6

Постоянно меняющаяся радужная окраска мыльных пузырей объясняется...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) интерференцией света ;
- 2) дифракцией света ;
- 3) дисперсией света ;
- 4) поляризацией света .

Указания к заданиям № 4 – 6

Условия максимумов и минимумов при интерференции света, отраженного от верхней и нижней поверхностей тонкой плоскопараллельной пленки, находящейся в воздухе ($n_0 = 1$):

$$1) \text{ условие максимумов } - 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2} = 2m \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

$$2) \text{ условие минимумов } - 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2} = (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

где d – толщина пленки,

n – показатель преломления пленки,

i – угол падения света,

λ_0 – длина световой волны.

Член $\pm \frac{\lambda_0}{2}$ обусловлен потерей полуволны при отражении света от границы

раздела двух сред: если $n > n_0$, то необходим знак плюс, если $n < n_0$ необходим знак минус.

Красный цвет соответствует наибольшей (~ 750 нм), а фиолетовый цвет – наименьшей (~ 400 нм) длине волны видимого спектра.

ЗАДАНИЕ № 7

На стеклянной линзе нанесена тонкая пленка, дающая минимум в отраженном свете (просветление оптики). Какие параметры влияют на «эффект просветления»?

- A.* Толщина пленки.
- B.* Показатель преломления пленки.
- C.* Длина волны падающего света.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) только *A* ; 2) *A* и *B* ; 3) только *C* ; 4) *A* и *C* ; 5) *A*, *B*, *C* .

ЗАДАНИЕ № 8

Тонкая пленка на поверхности линзы дает минимум в отраженном свете для зеленого цвета. Чтобы минимум достигался для фиолетового цвета, можно...

- A.* Увеличить толщину пленки при неизменном показателе преломления.
- B.* Уменьшить толщину пленки при неизменном показателе преломления.
- C.* Увеличить показатель преломления пленки при той же ее толщине.
- D.* Уменьшить показатель преломления пленки при той же ее толщине.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) только *A* ; 2) только *B* ; 3) только *C* ; 4) *A* или *C* ; 5) *B* или *D* .

Указания к заданиям № 7, 8

Случаю «просветления оптики» (см. Трофимова Т.И. Курс физики. М. ВШ. 2004. С. 328) соответствует наблюдение интерференционного минимума для световых волн, отраженных от верхней и нижней поверхности тонкой плоскопараллельной пленки на поверхности стекла.

Условие наблюдения интерференционного минимума:

$$2dn = (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

где d – толщина пленки,

n – показатель преломления пленки,

λ_0 – длина световой волны.

Для пленки минимальной толщины условие интерференционного минимума в отраженном свете:

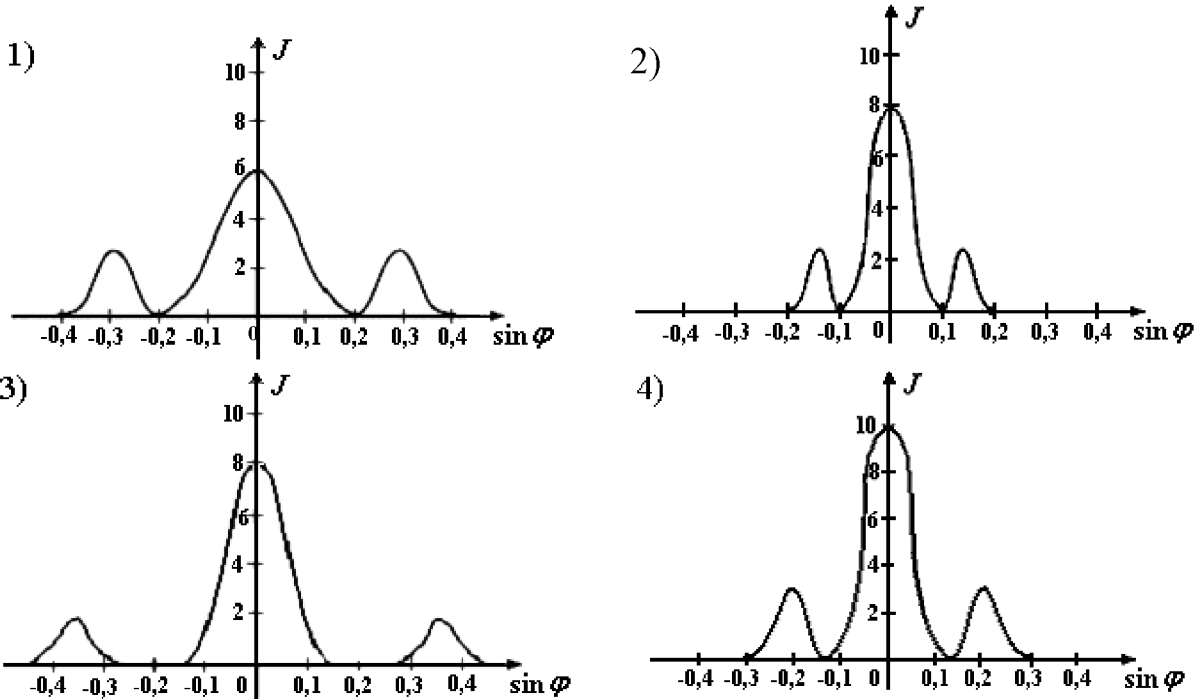
$$2dn = \frac{\lambda_0}{2} .$$

ДИФРАКЦИЯ СВЕТА

ЗАДАНИЕ № 9

Имеются 4 решетки с различными постоянными d , освещаемые одним и тем же монохроматическим излучением различной интенсивности. Какой рисунок иллюстрирует положение главных максимумов, создаваемых дифракционной решеткой с *наибольшей* постоянной решетки? (J – интенсивность света, φ – угол дифракции)

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:



ЗАДАНИЕ № 10

Половина дифракционной решетки перекрывается с одного конца непрозрачной преградой, в результате чего число штрихов уменьшается. Что изменится при этом?

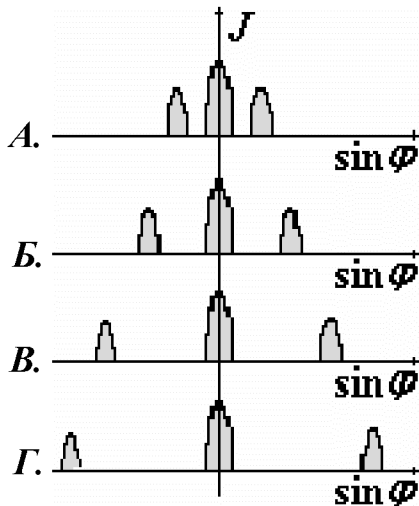
- А. Расстояние между главными максимумами.
- В. Постоянная решетки.
- С. Яркость максимумов.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Все эти параметры ;
- 2) Только С ;
- 3) А и В ;
- 4) А и С .

ЗАДАНИЕ № 11

Одна и та же дифракционная решетка освещается различными монохроматическими излучениями. Какой рисунок соответствует случаю освещения светом *наибольшей* частоты? (J – интенсивность света, φ – угол дифракции)

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) A ; 2) B ;
- 3) B ; 4) Γ ;
- 5) Для ответа недостаточно данных .

Указания к заданиям № 9 – 11

Формула дифракционной решетки (условие наблюдения дифракционных максимумов):

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

где d – постоянная дифракционной решетки;

λ_0 – длина световой волны;

φ – угол дифракции,

m – номер дифракционных максимумов (порядок спектра),

k – наибольший номер дифракционных максимумов;

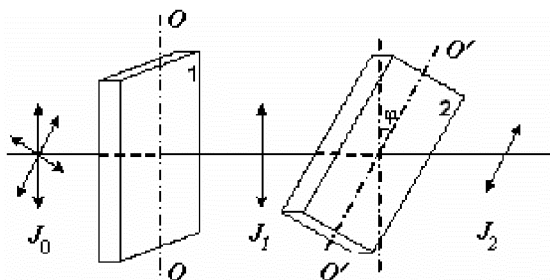
$(2k + 1)$ – общее число дифракционных максимумов.

С уменьшением числа штрихов дифракционной решетки уменьшается интенсивность проходящего через нее света, т.е. яркость дифракционных максимумов, а положение дифракционных максимумов при этом не изменяется, так как оно зависит только от постоянной дифракционной решетки d для данной длины световой волны λ_0 .

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

ЗАДАНИЕ № 12

На пути естественного света интенсивностью J_0 помещены две пластинки турмалина. После прохождения пластинки 1 свет полностью поляризован. Если угол φ между направлениями OO и $O'O'$ равен 30° , то интенсивность J_2 света, прошедшего через обе пластинки, связана с J_0 соотношением...

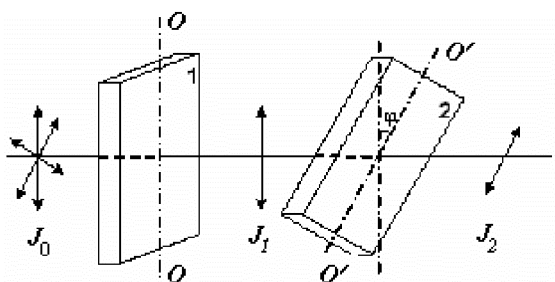


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $J_2 = \frac{J_0}{8}$; 2) $J_2 = \frac{J_0}{4}$;
 3) $J_2 = \frac{3J_0}{8}$; 4) $J_2 = \frac{J_0}{2}$.

ЗАДАНИЕ № 13

На пути естественного света интенсивностью J_0 помещены две пластинки турмалина. После прохождения пластинки 1 свет полностью поляризован. Если J_1 и J_2 – интенсивности света, прошедшего пластинки 1 и 2 соответственно, и $J_2 = \frac{J_1}{4}$, тогда угол φ между направлениями OO и $O'O'$ равен ...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 30° ; 2) 45° ;
 3) 60° ; 4) 90° .

ЗАДАНИЕ № 14

При падении света из воздуха на диэлектрик отраженный луч полностью поляризован при угле падения 60° . Преломленный луч распространяется под углом 30° к нормали. При этом показатель преломления диэлектрика равен...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 0 ; 2) 1,41 ; 3) 1,5 ; 4) 1,73 .

ЗАДАНИЕ № 15

При падении света из воздуха на диэлектрик отраженный луч полностью поляризован. Преломленный луч распространяется под углом 30° к нормали. При этом падающий луч составляет с нормалью угол ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 30° ; 2) 45° ; 3) 60° ; 4) 90° .

Указания к заданиям № 12 - 15

Интенсивность полностью плоскополяризованного света, прошедшего первый кристалл:

$$J_1 = \frac{1}{2} J_0 , \text{ где}$$

J_0 – интенсивность естественного света, падающего на первый кристалл.

Закон Малюса: интенсивность полностью плоскополяризованного света, вышедшего из второго кристалла:

$$J_2 = J_1 \cos^2 \varphi , \text{ где}$$

J_1 – интенсивность полностью плоскополяризованного света, прошедшего первый кристалл и падающего на второй кристалл;

φ – угол между оптическими осями первого и второго кристаллов.

Интенсивность света, прошедшего через два поляризатора:

$$J_2 = \frac{1}{2} J_0 \cos^2 \varphi .$$

Если луч естественного света падает на границу раздела двух диэлектрических сред, то отраженный и преломленный лучи являются поляризованными.

В том случае, если угол падения удовлетворяет соотношению:

$$\operatorname{tg} i_B = n_{21}$$

(i_B – угол Брюстера, n_{21} – относительный показатель преломления второй среды относительно первой),

отраженный луч является полностью плоскополяризованным, а преломленный луч является максимально поляризованным, причем отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны (**закон Брюстера**).

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

ЗАДАНИЕ № 16

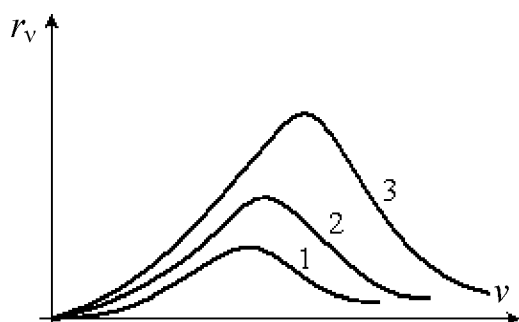
Температура абсолютно черного тела увеличена в 2 раза, а его интегральная излучательность увеличилась при этом в ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 2 раза ; 2) 4 раза ; 3) 8 раз ; 4) 16 раз ; 5) 32 раза .

ЗАДАНИЕ № 17

На рисунке представлены графики зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от частоты при различных температурах. Наибольшей температуре соответствует график...

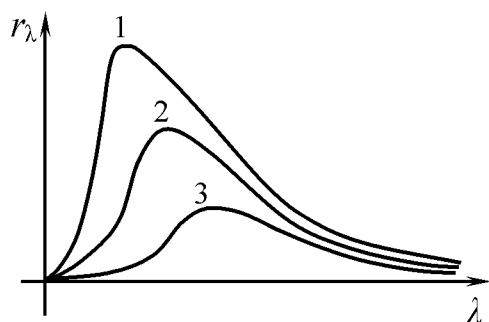


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 1 ; 2) 2 ; 3) 3 .

ЗАДАНИЕ № 18

На рисунке показаны кривые зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при различных температурах. Наибольшей температуре соответствует график...

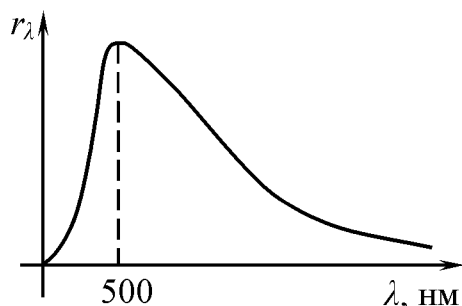


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 1 ; 2) 2 ; 3) 3 .

ЗАДАНИЕ № 19

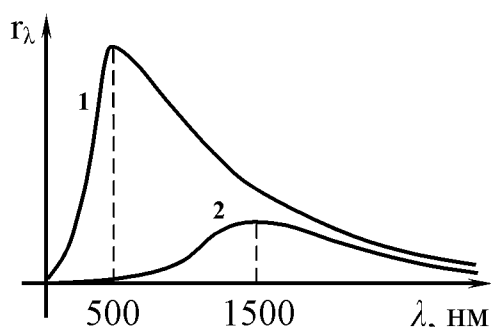
На рисунке показана кривая зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при $T = 6000 \text{ K}$. Если температуру тела уменьшить в 4 раза, то длина волны, соответствующая максимуму излучения абсолютно черного тела, равна (нм)...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- | | |
|-----------|-----------|
| 1) 150 ; | 2) 250 ; |
| 3) 500 ; | 4) 1000 ; |
| 5) 2000 . | |

ЗАДАНИЕ № 20

На рисунке показаны кривые зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при различных температурах. Если кривая 1 соответствует спектру излучения абсолютно черного тела при температуре 6000 K , то кривая 2 соответствует температуре (K)...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1) 500 K ; | 2) 1500 K ; |
| 3) 2000 K ; | 4) 4000 K . |

Указания к заданиям № 16 - 20

Закон Стефана-Больцмана: $R_a = \sigma T^4$,

где R_a – интегральная излучательность абсолютно черного тела, т.е. мощность излучения с единицы площади поверхности абсолютно черного тела;

T – температура;

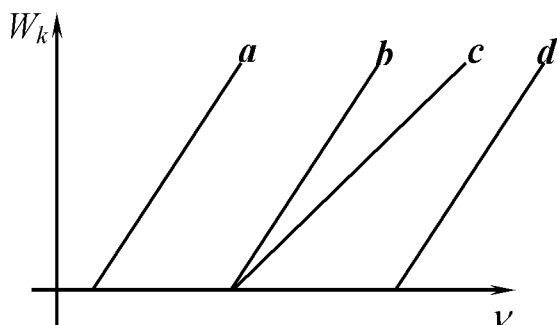
σ – постоянная Стефана-Больцмана.

Закон смещения Вина: $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$, где λ_{\max} – длина волны, соответствующая максимальному значению спектральной плотности энергетической светимости $r_{\lambda,T}$ абсолютно черного тела, T – термодинамическая температура тела, b – постоянная Вина.

ВНЕШНИЙ ФОТОЭФФЕКТ

ЗАДАНИЕ № 21

В опытах по внешнему фотоэффекту изучалась зависимость энергии фотозлектрона от частоты падающего на фотокатод света. Для некоторого материала фотокатода исследуемая зависимость представлена на рисунке линией b . При замене материала фотокатода на материал с меньшей работой выхода электрона зависимость $W_k(\nu)$ будет соответствовать линии ...

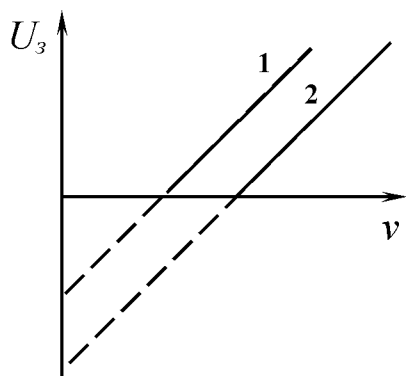


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- | | |
|----------|----------|
| 1) a ; | 2) b ; |
| 3) c ; | 4) d . |

ЗАДАНИЕ № 22

На рисунке представлены две зависимости задерживающего напряжения U_3 от частоты ν падающего света для внешнего фотоэффекта. Укажите верные утверждения.

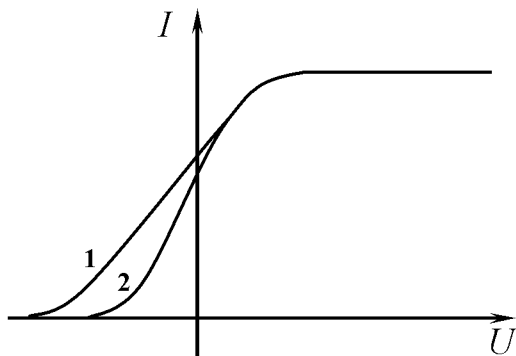


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $A_2 < A_1$, где A_1 и A_2 – значения работы выхода электронов из соответствующего металла.
2. Зависимости получены для двух различных металлов.
3. С помощью этих зависимостей можно определить значение постоянной Планка.

ЗАДАНИЕ № 23

На рисунке представлены две вольтамперные характеристики вакуумного фотоэлемента. Если E – освещенность фотокатода, а ν – частота падающего на него света, то справедливо следующее утверждение...

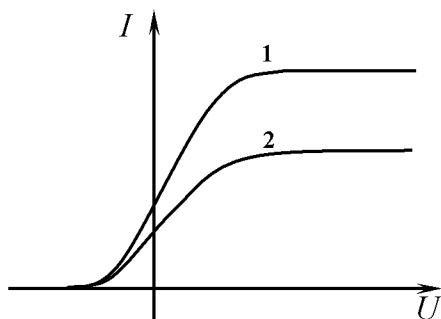


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $\nu_1 > \nu_2$, $E_1 > E_2$;
- 2) $\nu_1 > \nu_2$, $E_1 = E_2$;
- 3) $\nu_1 = \nu_2$, $E_1 > E_2$;
- 4) $\nu_1 = \nu_2$, $E_1 < E_2$;
- 5) $\nu_1 < \nu_2$, $E_1 > E_2$;
- 6) $\nu_1 < \nu_2$, $E_1 = E_2$.

ЗАДАНИЕ № 24

На рисунке представлены две вольтамперные характеристики вакуумного фотоэлемента. Если E – освещенность фотокатода, а ν – частота падающего на него света, то справедливо следующее утверждение...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) $\nu_1 > \nu_2$, $E_1 > E_2$;
- 2) $\nu_1 > \nu_2$, $E_1 = E_2$;
- 3) $\nu_1 = \nu_2$, $E_1 > E_2$;
- 4) $\nu_1 = \nu_2$, $E_1 < E_2$;
- 5) $\nu_1 < \nu_2$, $E_1 > E_2$;
- 6) $\nu_1 < \nu_2$, $E_1 = E_2$.

Указания к заданиям № 21 – 24

Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэлектронного эффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m\nu_{\text{max}}^2}{2},$$

где $h\nu$ – энергия фотона частотой ν , падающего на поверхность металла (h – постоянная Планка),

$A_{\text{вых}}$ – работа выхода электрона из металла,

$\frac{m\nu_{\text{max}}^2}{2}$ – максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона

(m – масса электрона, V – скорость электрона).

Если $h\nu > A_{\text{вых}}$, то фотоэффект возможен, если $h\nu < A_{\text{вых}}$, то фотоэффект невозможен, а если $h\nu = A_{\text{вых}}$, то $\nu = \nu_0 = \frac{A_{\text{вых}}}{h}$ соответствует так называемой красной границе фотоэффекта, т.е. наименьшей частоте света, при которой фотоэффект еще возможен.

Закономерности фотоэлектрического эффекта.

Фототок, при котором все выбитые из катода электроны достигают анода, это фототок насыщения на вольт-амперной характеристике $I(U)$ фотоэлемента.

Сила фототока насыщения при облучении катода светом фиксированной частоты пропорциональна интенсивности облучения.

Величина задерживающего напряжения U_z , при котором фототок прекращается

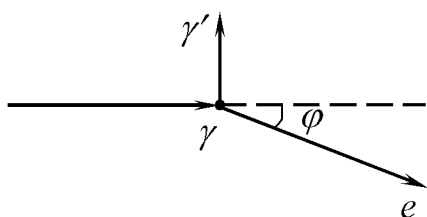
($I = 0$), определяется из соотношения: $eU = \frac{m\nu_{\text{max}}^2}{2}$,

где eU – работа электрического поля по погашению кинетической энергии фотоэлектрона от $\frac{m\nu_{\text{max}}^2}{2}$ до 0.

ЭФФЕКТ КОМПТОНА

ЗАДАНИЕ № 25

На рисунке показаны направления движений падающего фотона (γ), рассеянного фотона (γ') и электрона отдачи (e). Угол рассеяния 90° , направление движения электрона отдачи составляет с направлением движения падающего фотона угол $\varphi = 30^\circ$. Если импульс падающего фотона $3 \text{ (МэВ} \cdot \text{с)}/m$, то импульс рассеянного фотона (в тех же единицах) равен...

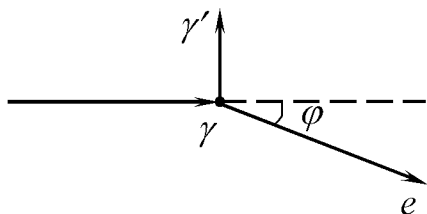


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- | | |
|--------------------|------------------|
| 1) 1,5 ; | 2) $\sqrt{3}$; |
| 3) $1,5\sqrt{3}$; | 4) $2\sqrt{3}$. |

ЗАДАНИЕ № 26

На рисунке показаны направления движений падающего фотона (γ), рассеянного фотона (γ') и электрона отдачи (e). Угол рассеяния 90° , направление движения электрона отдачи составляет с направлением движения падающего фотона угол $\varphi = 30^\circ$. Если импульс падающего фотона p_ϕ , то импульс электрона отдачи равен...



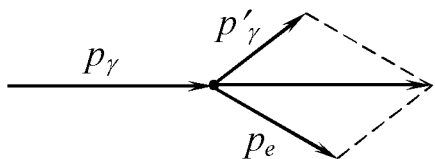
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| 1) $1,5 p_\phi$; | 2) $\sqrt{3} p_\phi$; |
| 3) $2 p_\phi$; | 4) $1,5\sqrt{3} p_\phi$. |

Указания к заданиям № 25, 26

Закон сохранения импульса для взаимодействующих частиц – фотона и электрона – при комптоновском рассеянии:

$\vec{p}_\gamma = \vec{p}'_\gamma + \vec{p}_e$, где \vec{p}_γ , \vec{p}'_γ – импульс фотона до и после взаимодействия, соответственно;
 \vec{p}_e – импульс электрона после взаимодействия.



ДАВЛЕНИЕ СВЕТА

ЗАДАНИЕ № 27

Параллельный пучок света падает по нормали на зачерненную плоскую поверхность, производя давление P . При замене поверхности на зеркальную давление света...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) увеличится в 2 раза ; 2) уменьшится в 2 раза ; 3) не изменится .

ЗАДАНИЕ № 28

Если в 2 раза увеличить объемную плотность энергии световой волны, то давление света ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) увеличится в 2 раза ; 2) уменьшится в 2 раза ; 3) не изменится .

Указание к заданиям № 27, 28

Давление света P на освещаемую поверхность обусловлено изменением импульса $|\Delta \vec{p}_\gamma|$ падающего фотона при его соударении с поверхностью, причем $P \sim |\Delta \vec{p}_\gamma|$.

При падении по нормали на зачерненную плоскую поверхность импульс фотона изменяется от p_0 до 0, т.е. изменение импульса фотона $|\Delta \vec{p}_\gamma| = p_0$, а при аналогичном падении фотона на зеркальную плоскую поверхность импульс фотона при отражении изменяется от p_0 до $-p_0$, т.е. изменение импульса в этом случае $|\Delta \vec{p}_\gamma| = 2p_0$.

Давление P , производимое светом, падающим по нормали на поверхность:

$$P = (1 + \rho) \omega,$$

где ρ – коэффициент отражения, показывающий какую часть от падающей на поверхность световой энергии составляет отраженная энергия;

ω – объемная плотность энергии излучения: $\omega = \frac{E_e}{c}$,

$E_e = N h \nu$ (E_e – энергетическая освещенность, т.е. энергия всех N фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени);

$h \nu$ – энергия фотона частотой ν (h – постоянная Планка); c – скорость света.

КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ

ЗАДАНИЕ № 29

Два источника излучают свет с длиной волны 375 и 750 нм. Отношение импульсов фотонов, излучаемых первым и вторым источником равно ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $\frac{1}{4}$; 2) $\frac{1}{2}$; 3) 2; 4) 4.

ЗАДАНИЕ № 30

Если скорость частиц одинакова, то наименьшей длиной волны обладает ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) α -частица; 2) нейтрон; 3) электрон; 4) протон.

ЗАДАНИЕ № 31

Если частицы имеют одинаковую длину волны де Бройля, то наименьшей скоростью обладает ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) α -частица; 2) нейтрон; 3) позитрон; 4) протон.

ЗАДАНИЕ № 32

Если частицы имеют одинаковую скорость, то наибольшей длиной волны де Бройля обладает ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) электрон; 2) нейтрон; 3) протон; 4) α -частица.

ЗАДАНИЕ № 33

Отношение длин волн де Бройля электрона и протона $\frac{\lambda_e}{\lambda_p}$, имеющих

одинаковую скорость, составляет величину порядка...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 10^3 ; 2) 1; 3) 10; 4) 10^{-3} .

Указание к заданиям № 29 – 33

Связь между длиной волны де Бройля (λ) и импульсом (p) частицы:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (h - \text{постоянная Планка}).$$

Для нерелятивистской частицы ($v \ll c$) справедливо: $\lambda = \frac{h}{mv}$,

где m – масса частицы, а v – её скорость.

ПОСТУЛАТЫ БОРА. СПЕКТР АТОМА ВОДОРОДА

ЗАДАНИЕ № 34

Электрон в атоме водорода перешёл из основного состояния в возбужденное с $n=3$. Радиус его боровской орбиты ...

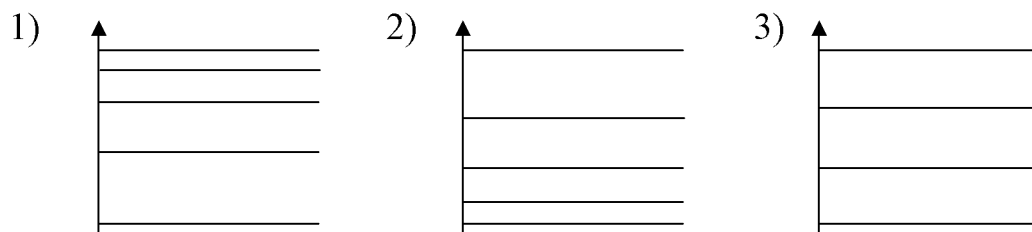
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) увеличился в 2 раза;
- 2) увеличился в 3 раза;
- 3) увеличился в 9 раз;
- 4) уменьшился в 3 раза;
- 5) не изменился.

ЗАДАНИЕ № 35

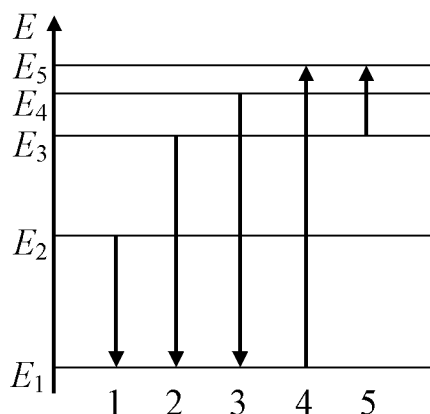
Схема энергетических уровней атома водорода показана на рисунке ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:



ЗАДАНИЕ № 36

На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Переход с **поглощением** фотона наибольшей частоты обозначен цифрой ...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:

- 1) 1 ; 2) 2 ; 3) 3 ; 4) 4 ; 5) 5 .

ЗАДАНИЕ № 37

Видимой части спектра излучения атома водорода соответствует формула ...

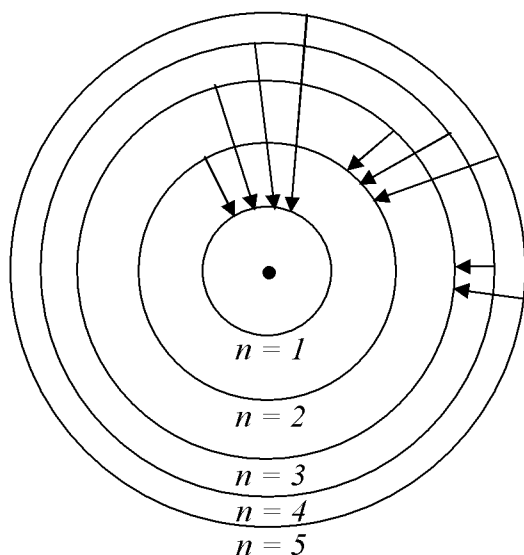
ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:

- 1) $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 2, 3, 4 \dots$
- 2) $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 3, 4, 5 \dots$
- 3) $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 4, 5, 6 \dots$
- 4) $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 5, 6, 7 \dots$

ЗАДАНИЕ № 38

На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы электронов с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, в видимой – серию Бальмера, и инфракрасной – серию Пашена.

Наименьшей частоте кванта в серии **Бальмера** соответствует переход ...

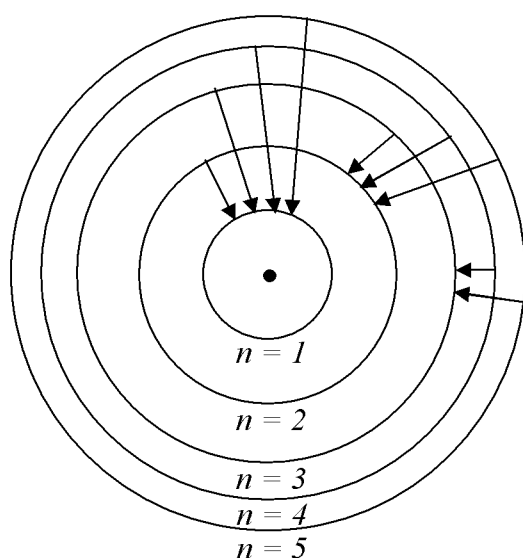
**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) $n = 2 \rightarrow n = 1$
- 2) $n = 3 \rightarrow n = 2$
- 3) $n = 4 \rightarrow n = 3$
- 4) $n = 5 \rightarrow n = 2$

ЗАДАНИЕ № 39

На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы электронов с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, в видимой – серию Бальмера, и инфракрасной – серию Пашена.

Наименьшей частоте кванта в серии **Лаймана** соответствует переход ...

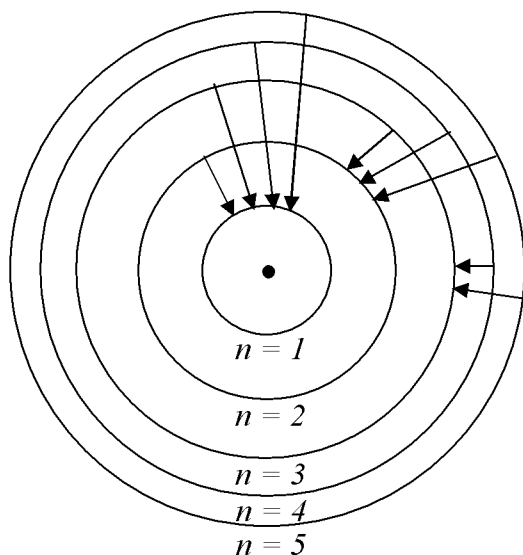
**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) $n = 5 \rightarrow n = 1$
- 2) $n = 5 \rightarrow n = 2$
- 3) $n = 5 \rightarrow n = 3$

ЗАДАНИЕ № 40

На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы электронов с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, в видимой – серию Бальмера, и инфракрасной – серию Пашена.

Наименьшей частоте кванта в серии **Пашена** соответствует переход ...

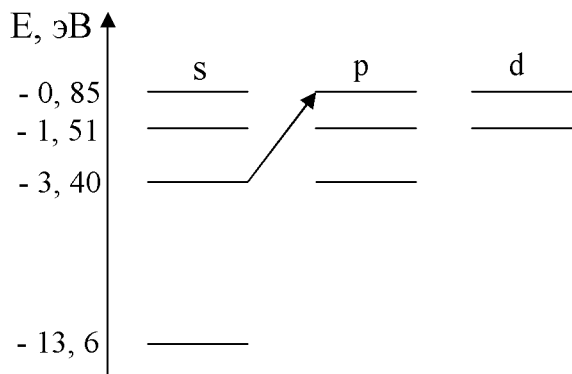
**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) $n = 2 \rightarrow n = 1$
- 2) $n = 4 \rightarrow n = 3$
- 3) $n = 5 \rightarrow n = 1$
- 4) $n = 5 \rightarrow n = 3$

ЗАДАНИЕ № 41

В атоме водорода электрон переходит с одного энергетического уровня на другой, как показано на рисунке.

Чему равно изменение его главного Δn и орбитального Δl квантовых чисел?

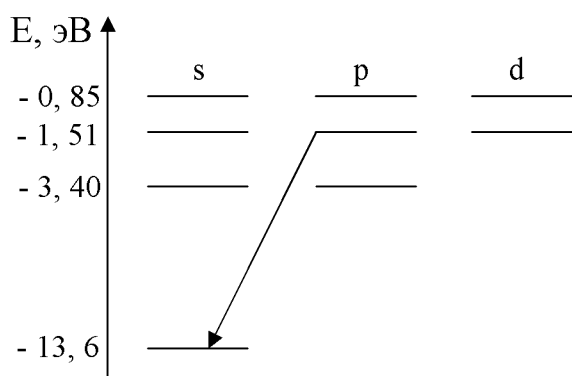
**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) $\Delta n = -2$; $\Delta l = +1$
- 2) $\Delta n = +2$; $\Delta l = -1$
- 3) $\Delta n = -1$; $\Delta l = 0$
- 4) $\Delta n = +1$; $\Delta l = +1$
- 5) $\Delta n = +2$; $\Delta l = +1$

ЗАДАНИЕ № 42

В атоме водорода электрон переходит с одного энергетического уровня на другой, как показано на рисунке.

Чему равно изменение его главного Δn и орбитального Δl квантовых чисел?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) $\Delta n = +2$; $\Delta l = -1$
- 2) $\Delta n = +2$; $\Delta l = +1$
- 3) $\Delta n = -2$; $\Delta l = +1$
- 4) $\Delta n = -1$; $\Delta l = 0$
- 5) $\Delta n = -2$; $\Delta l = -1$

ЗАДАНИЕ № 43

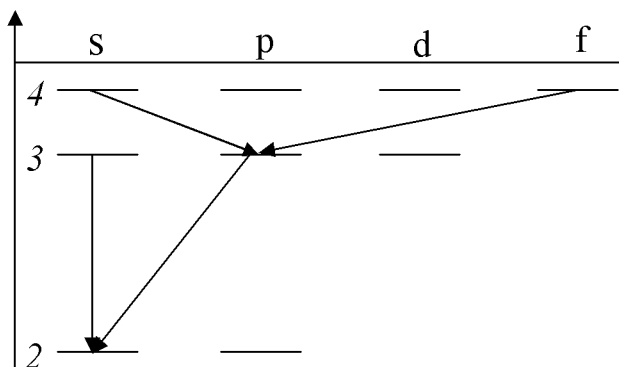
При переходах электрона в атоме с одного уровня на другой закон сохранения момента импульса накладывает определённые ограничения (правила отбора). В энергетическом спектре атома водорода запрещённым переходом является ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $4f - 3d$; 2) $4s - 3p$; 3) $3s - 2s$; 4) $3p - 2s$.

ЗАДАНИЕ № 44

При переходах электрона в атоме с одного уровня на другой закон сохранения момента импульса накладывает определённые ограничения (правила отбора).



Если система энергетических уровней атома водорода имеет вид, представленный на рисунке, то *запрещёнными* переходами являются ...

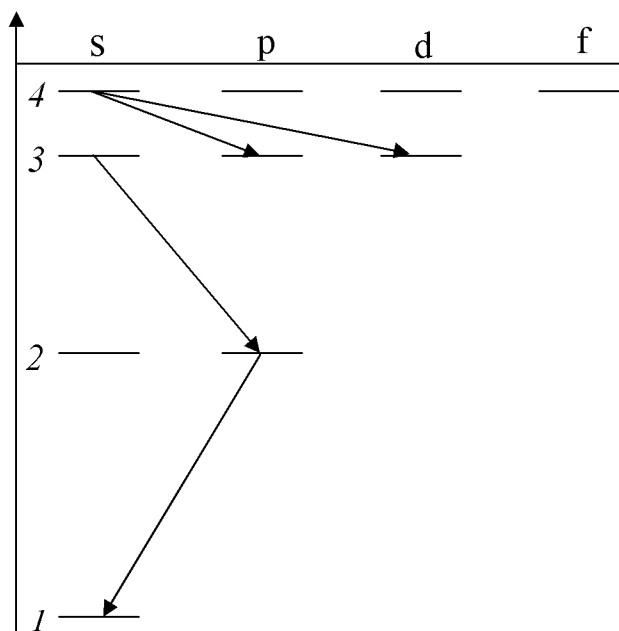
A) 5p-2s; B) 3s-2s; C) 4s-3p; D) 4f-3p.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1) A, C ; 2) B, C ; 3) A, D ; 4) B, D .

ЗАДАНИЕ № 45

Закон сохранения момента импульса накладывает ограничения на возможные переходы электрона в атоме водорода с одного уровня на другой (правила отбора). В энергетическом спектре атома водорода (рисунок) запрещённым переходом является ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) 3s – 2p
- 2) 4s – 3p
- 3) 4s – 3d
- 4) 2p – 1s

Указание к заданиям № 34 - 45

ПОСТУЛАТЫ БОРА

Первый постулат. В атоме существуют стационарные (не изменяющиеся со временем) состояния, характеризующиеся определенными дискретными значениями энергии. Стационарным состояниям атома соответствуют стационарные орбиты, на которых находятся электроны. В соответствии с первым постулатом Бора электрон, двигаясь по круговой стационарной орбите обладает определенным значением момента импульса, удовлетворяющем условию:

$$m_e v_n r_n = n \hbar \quad (n=1,2,3,\dots),$$

где m_e – масса электрона,

v_n – скорость электрона на n -й орбите радиуса r_n ,

$\hbar = h/2\pi$ (h – постоянная Планка).

Радиус n -ой орбиты для атома водорода:

$$r_n = n^2 \frac{\hbar^2 4\pi\epsilon_0}{m_e e^2},$$

где e – заряд электрона, ϵ_0 – электрическая постоянная.

По теории Бора полная энергия электрона в атоме водорода может принимать дискретный ряд значений:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \quad (n = 1,2,3,\dots),$$

где n – номер орбиты электрона (номер стационарного состояния атома).

Второй постулат. При переходе электрона с одной орбиты на другую излучается фотон с энергией $h\nu$, равной разности энергий соответствующих стационарных состояний E_n и E_m :

$$h\nu = E_n - E_m.$$

Набор возможных дискретных частот ν переходов атома между стационарными состояниями атома определяет линейчатый спектр атома.

В спектре атома водорода частота квантового перехода:

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где R – постоянная Ридберга, $m = 1, 2, 3, \dots$; $n = m+1, m+2, m+3, \dots$

Эта обобщенная формула Бальмера описывает серии линий в спектре атома водорода, где m определяет серию ($m = 1, 2, 3, \dots$), а n определяет отдельные линии соответствующей серии ($n = m+1, m+2, \dots$).

В ультрафиолетовой области спектра атома водорода наблюдается

серия Лаймана $\nu = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 2, 3, 4, \dots).$

В видимой области спектра атома водорода наблюдается

серия Бальмера $\nu = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5, \dots)$.

В инфракрасной области спектра атома водорода наблюдаются

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

серия Брэкета $\nu = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 5, 6, 7, \dots)$;

серия Пфунда $\nu = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 6, 7, 8, \dots)$;

серия Хэмфри $\nu = R \left(\frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 7, 8, 9, \dots)$.

В квантовой механике считается, что электрон при своем движении как бы «размазан» по всему объему, образуя электронное облако, плотность (густота) которого характеризует вероятность нахождения электрона в различных точках объема. Размер, форму и ориентацию электронного облака в пространстве характеризуют, соответственно, квантовые числа n , l и m_l .

n (главное квантовое число) определяет энергетические уровни электрона в атоме, принимая следующие значения: $n = 1, 2, 3, \dots$;

l (Орбитальное квантовое число) определяет форму электронного облака, принимая следующие значения: $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$;

m_l (магнитное квантовое число) определяет ориентацию электронного облака в пространстве, принимая следующие значения: $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$.

Состояние электрона в атоме водорода определяется набором квантовых чисел. При $l = 0$ состояние электрона называется s -состоянием, при $l = 1$ состояние электрона соответствует p -состоянию, при $l = 2$ – d -состоянию и т. д.

При записи состояния электрона значение n указывается перед условным обозначением орбитального квантового числа, например, $2s$ ($n = 2, l = 0$).

Правила, ограничивающие число возможных переходов электронов при испусканием или при поглощении света, называются правилами отбора.

Правила отбора для орбитального и магнитного квантовых чисел:

$$\Delta l = \pm 1; \quad \Delta m_l = 0, \pm 1.$$

С учетом этих правил отбора спектральной серии Лаймана соответствуют переходы: $np \rightarrow 1s$ ($n = 2, 3, 4, \dots$), а для серии Бальмера соответствуют переходы $np \rightarrow 2s$, $ns \rightarrow 2p$, $nd \rightarrow 2p$ ($n = 3, 4, \dots$) и т. д.

УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА

УСЛОВИЕ К ЗАДАНИЯМ №№ 46-51

Ниже приведены несколько видов уравнения Шредингера для общего и частного случаев:

А) $-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\psi + U(x, y, z, t)\psi = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t};$

Б) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E - U(x, y, z, t))\psi = 0;$

В) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}\right)\psi = 0;$

Г) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2}\right)\psi = 0;$

Д) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}E\psi = 0;$

Е) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}E\psi = 0.$

ЗАДАНИЕ № 46

Общим уравнением Шредингера является...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1) А; 2) Б; 3) В; 4) Г; 5) Д; 6) Е.

ЗАДАНИЕ № 47

Уравнением Шредингера для стационарных состояний в общем случае является уравнение...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1) А; 2) Б; 3) В; 4) Г; 5) Д; 6) Е.

ЗАДАНИЕ № 48

Уравнением Шредингера для электрона в водородоподобном атоме является уравнение...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1) А; 2) Б; 3) В; 4) Г; 5) Д; 6) Е.

ЗАДАНИЕ № 49

Стационарным уравнением Шредингера для линейного гармонического осциллятора является уравнение...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1) А; 2) Б; 3) В; 4) Г; 5) Д; 6) Е.

ЗАДАНИЕ № 50

Уравнением Шредингера для частицы в трехмерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечными прямоугольными стенками является уравнение...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1) А; 2) Б; 3) В; 4) Г; 5) Д; 6) Е.

ЗАДАНИЕ № 51

Уравнением Шредингера для частицы в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечными прямоугольными стенками является уравнение ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1) А; 2) Б; 3) В; 4) Г; 5) Д; 6) Е.

Указание к заданиям № 46 – 51

Общее уравнение Шредингера:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi(\tilde{o}, y, z, t) + U(x, y, z, t) \cdot \psi(\tilde{o}, y, z, t) = -i\hbar \frac{\partial \psi(x, y, z, t)}{\partial t},$$

где $\psi(x, y, z, t)$ – волновая функция;

$$\Delta \psi(x, y, z, t) = \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi(y)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi(z)}{\partial z^2};$$

m – масса частицы;

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} \quad (h - \text{постоянная Планка});$$

$U(x, y, z, t)$ – потенциальная энергия.

Для стационарного случая уравнение Шредингера:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi(\tilde{o}, y, z) + U(x, y, z) \cdot \psi(\tilde{o}, y, z) = E \psi(x, y, z) \quad \text{или}$$

$$\Delta \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U(x, y, z) \cdot \psi(\tilde{o}, y, z)) = 0,$$

где E – энергия частицы.

Для электрона в водородоподобном атоме функция потенциальной энергии $U(x, y, z)$ обладает центральной симметрией и задается выражением

$$U(x, y, z) = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r},$$

где Z – число протонов в ядре (порядковый номер атома в таблице Менделеева);

Ze – заряд ядра (e – величина заряда электрона);

ϵ_0 – электрическая постоянная;

r – расстояние от ядра до точки (x, y, z) .

Линейный гармонический осциллятор относится к одномерному случаю и потенциальная энергия задается выражением:

$$U(x) = \frac{m\omega_0^2 x^2}{2},$$

где m – масса частицы;

ω_0 – собственная циклическая частота осциллятора;

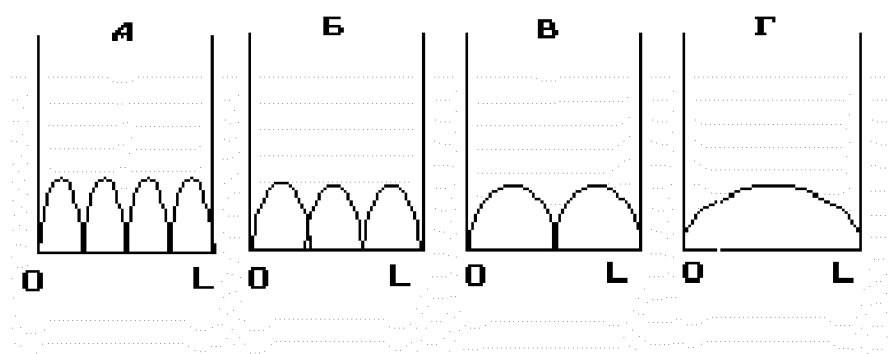
x – координата частицы.

Для частиц в трехмерной или одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечными прямоугольными стенками потенциальная энергия внутри «ям» равна нулю ($U(x, y, z) = 0$ или $U(x) = 0$).

ВОЛНОВАЯ ФУНКЦИЯ

ЗАДАНИЕ № 52

На рисунках приведены картины распределения плотности вероятности нахождения электрона в потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками.



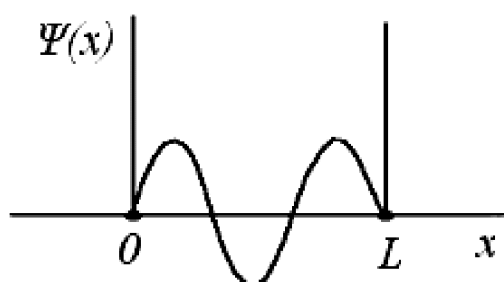
Какая из картин соответствует состоянию с квантовым числом $n=3$?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) А; 2) Б; 3) В; 4) Г; 5) Ни одна из них.

ЗАДАНИЕ № 53

На рисунке приведен график волновой функции электрона в «потенциальной яме».



Вероятность нахождения электрона на отрезке $\frac{1}{3}L < x < \frac{2}{3}L$ равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $\frac{1}{3}$; 2) $\frac{3}{8}$; 3) $\frac{1}{2}$; 4) $\frac{2}{3}$; 5) $\frac{3}{4}$.

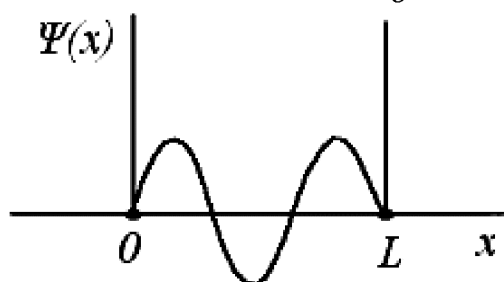
ЗАДАНИЕ № 54

Вероятность обнаружить электрон на участке (a, b) одномерного потенциального ящика с бесконечно высокими стенками вычисляется по

формуле $W = \int_a^b \omega dx$, где ω – плотность вероятности, определяемая ψ -

функцией. Если ψ – функция имеет вид, указанный на рисунке, то вероятность

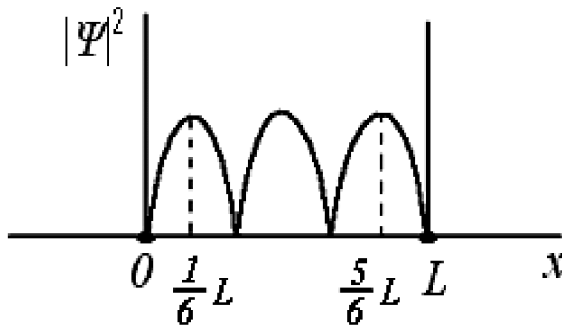
обнаружить на участке $\frac{1}{6}L < x < \frac{5}{6}L$ равна:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) $\frac{1}{2}$; 2) $\frac{2}{3}$; 3) $\frac{5}{6}$; 4) 1.

ЗАДАНИЕ № 55

На рисунке приведена картина распределения плотности вероятности нахождения электрона в потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками. Вероятность обнаружить электрон на отрезке $\frac{L}{6} < x < \frac{5L}{6}$ равна...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) $\frac{1}{6}$; 2) $\frac{1}{3}$; 3) $\frac{1}{2}$;
 4) $\frac{2}{3}$; 5) $\frac{5}{6}$.

Указание к заданиям № 51 -55

Для частицы, находящейся в одномерной «потенциальной яме» с бесконечными стенками и плоским дном волновая функция $\Psi_n(x)$ имеет следующий вид: $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right)$, где L – ширина «потенциальной ямы»,

n – главное квантовое число (номер квантового состояния), которое характеризует энергетический уровень. В этом случае плотность вероятности

$\omega_n(x)$ будет иметь вид: $\omega_n(x) = \psi\psi^* = |\psi|^2 = \frac{2}{L} \sin^2\left(\frac{n\pi}{L}x\right)$,

где знак * означает комплексное сопряжение.

На участке $0 < x < L$ волновая функция $\Psi_n(x)$ имеет n экстремумов, а функция плотности вероятности $\omega_n(x)$ имеет n максимумов.

Вероятность P обнаружить электрон на участке $(a < 0 < b)$ вычисляется по

формуле:
$$P = \int_a^b \omega dx = \int_a^b |\psi|^2 dx = \int_a^b \psi\psi^* dx.$$

При этом вероятность P обнаружить электрон на всем участке L ($a=0$, $b=L$) равна единице, т.е. с учетом геометрического смысла определенного интеграла площадь под кривой $|\psi|^2$ на всем участке L ($a=0$, $b=L$) равна единице, а вероятность обнаружить электрон на интервале $(a < x < b)$ равна отношению площадей под кривой $|\psi|^2$ на этом интервале $(a < x < b)$ и на всем интервале $(a < x < b)$ для $a=0$, $b=L$.