

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики


« 25 » 02 2025 г. Могильная Е.П.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

Физика атома и атомных явлений

(наименование учебной дисциплины, практики)

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

«Физика»

(наименование профиля подготовки (специальности, магистерской программы); при отсутствии ставится прочерк)

Разработчик:

доцент  Харченко Е.И.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры физики

от 25 02 2025 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой  Корсунов К.А.

Луганск 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Физика атома и атомных явлений»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

1. *Выберите один правильный ответ*

Тепловым излучением называется ...

- А) теплообмен между поверхностью тела и окружающей средой.
- Б) электромагнитное излучение, испускаемое веществом и возникающее за счет его внутренней энергии.
- В) процесс переноса тепла от одной среды к другой.
- Г) распространение тепла от более нагретых элементов тела к менее нагретым

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

2. *Выберите один правильный ответ*

Формула $R_e = \int_0^{\infty} r_{\omega T} d\omega = \int_0^{\infty} r_{\lambda T} d\lambda$, где $r_{\lambda, T}$ – излучательная способность,

выражает ...

- А) полную энергию, излучаемую телом.
- Б) излучательность (энергетическую светимость) тела.
- В) поглотительную способность тела.
- Г) поток излучения

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

3. *Выберите один правильный ответ*

Укажите формулу закона Стефана -Больцмана для теплового излучения.

А) $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$,

Б) $\frac{r_{\omega T}}{a_{\omega T}} = f(\omega, T)$.

В) $R_e = \sigma T^4$,

Г) $r_{\lambda, T}^{\max} = CT^5$

Д) $f(\omega, T) = \omega^3 F\left(\frac{\omega}{T}\right)$.

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

4. Выберите один правильный ответ

Укажите правильную запись уравнения Шрёдингера для стационарных состояний частицы в силовом поле

А) $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + U\Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t},$

Б) $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t},$

В) $\Delta \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U)\psi = 0.$

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

Д) $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E - \frac{m\omega^2 x^2}{2} \right) \psi = 0.$

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

5. Выберите один правильный ответ

Квадрат модуля амплитуды волновой функции $|\psi|^2$ выражает ...

А) энергию частицы

Б) вероятность попадания фотона в данную точку пространства.

В) амплитуду волн де Бройля для данной микрочастицы.

Г) плотность вероятности нахождения микрообъекта в данной области пространства

Д) вероятность нахождения микрообъекта где-либо в пространстве

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

6. Выберите один правильный ответ

Укажите правильную формулу для расчета условия нормировки волновой функции

А) $\langle A \rangle = \int \psi^*(\vec{r}) A(\vec{r}) \psi(\vec{r}) dV,$

Б) $\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(x)|^2 dV = 1.$

В) $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}.$

Г) $dP = |\psi|^2 dV = |\psi|^2 dx dy dz,$

Д) $\rho_p = \frac{dp}{dV} = |\psi|^2,$

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

7. Выберите один правильный ответ

Укажите правильную запись стационарного уравнения Шредингера для электрона в атоме водорода.

А) $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + U\Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t},$

Б) $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t},$

В) $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E - \frac{m\omega^2 x^2}{2} \right) \psi = 0.$

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

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

8. Выберите один правильный ответ

Укажите, какое из следующих утверждений является принципом Паули.

А) Состояние электрона в атоме характеризуется набором четырех квантовых чисел – n, l, m_l, m_s .

Б) В нормальном (невозбужденном) состоянии атома электроны должны располагаться на самых низких доступных для них энергетических уровнях.

В) В одном и том же атоме (или в какой-либо другой квантовой системе) не может быть двух электронов, обладающих одинаковой совокупностью четырех квантовых чисел – n, l, m_l, m_s .

Г) В квантовой системе первоначально заполняются состояния с наименьшей энергией.

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

9. Выберите один правильный ответ

Укажите, какая из квантующихся физических величин в атоме водорода определяется главным квантовым числом n .

А) Собственный момент импульса L_s .

Б) Энергия электрона.

В) Орбитальный момент импульса L_l .

Г) Проекция вектора орбитального момента импульса электрона L_{lz} на направление магнитного поля.

Д) Проекция вектора собственного момента импульса электрона L_{sz} на направление магнитного поля.

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

10. Выберите один правильный ответ

Укажите формулу, по которой определяется проекция вектора орбитального момента импульса электрона на направление магнитного поля.

А) $L_s = \hbar \sqrt{s(s+1)}$

Б) $L_{sz} = \hbar m_s$

В) $L_l = \hbar \sqrt{l(l+1)}$

Г) $L_{lz} = \hbar m_l$

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

11. Выберите все правильные варианты ответов

Укажите выражение, определяющее импульс фотона с частотой ν .

А) $h\nu c$

Б) $\frac{h}{\lambda}$

В) $h\nu$

Г) $\frac{h\nu}{c}$

Д) $\frac{h\nu}{c^2}$

Правильные ответы: Б, Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

12. Выберите все правильные варианты ответов

Укажите формулы, выражающие соотношение неопределенностей Гейзенберга

А) $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$

Б) $\Delta p = p \sin \varphi$

В) $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$

Г) $\Delta \lambda = 2\lambda_k \sin^2 \frac{\theta}{2}$

Правильные ответы: А, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания закрытого типа на установление соответствия

1. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

	Физическая величина		Математическое выражение
1)	Поток излучения	А)	$R_T = \frac{d\Phi_T}{dS}$
2)	Энергетическая светимость	Б)	$r_{\omega T} = \frac{dR_{\omega T}}{d\omega}$
3)	Испускательная способность	В)	$a_{\omega, T} = \frac{d\Phi'_{\omega}}{d\Phi_{\omega}},$
4)	Поглощательная способность тела	Г)	$\Phi_T = \frac{dW_{\text{излуч}}}{dt}$

Правильный ответ:

1	2	3	4
Г	А	Б	В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

2. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

	Физический закон		Математическое выражение
1)	Закон Кирхгофа	А)	$r_{\lambda, T} = CT^5,$
2)	Закон Стефана-Больцмана	Б)	$\lambda_m = \frac{b}{T},$
3)	Закон смещения Вина	В)	$R_e = \sigma T^4,$
4)	Второй закон Вина	Г)	$\frac{r_{\omega T}}{a_{\omega T}} = f(\omega, T).$

Правильный ответ:

1	2	3	4
Г	В	Б	А

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

3. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

	Физическая величина		Математическое выражение
1)	Колебательная энергия двухатомной молекулы	А)	$E_r = \frac{\hbar^2 J(J+1)}{2I}$
2)	Вращательная энергия двухатомной молекулы	Б)	$E = E_e + \hbar\omega\left(\nu + \frac{1}{2}\right) + \frac{\hbar^2 J(J+1)}{2I}.$

3)	Полная энергия молекулы	В)	$E_v = \hbar\omega(\nu + 1/2)$
4)	Правило отбора для колебательного квантового числа	Г)	$\Delta J = \pm 1.$
5)	Правило отбора для вращательного квантового числа	Д)	$\Delta \nu = \pm 1.$

Правильный ответ:

1	2	3	4	5
В	А	Б	Д	Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

1. Установите правильную последовательность серий спектральных линий атома водорода. Запишите правильную последовательность букв слева направо.

А) Серия Пашена: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad n = 4, 5, \dots$

Б) Серия Пфунда: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad n = 6, 7, \dots$

В) Серия Лаймана: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad n = 2, 3, \dots$

Г) Серия Бальмера: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad n = 3, 4, \dots$

Д) Серия Брэкета: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad n = 5, 6, \dots$

Правильный ответ: В, Г, А, Д, Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

1. *Напишите пропущенное слово (словосочетание).*

Поток энергии, испускаемый единицей поверхности излучающего тела по всем направлениям (во всем интервале частот или длин волн), называется _____.

Правильный ответ: энергетической светимостью

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

2. *Напишите пропущенное слово (словосочетание).*

Явление испускания электронов поверхностью вещества под действием света называется _____.

Правильный ответ: внешним фотоэффектом.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

3. *Напишите пропущенное слово (словосочетание).*

_____ – упругое рассеяние световых квантов малых длин волн на почти свободных или слабо связанных электронах, сопровождающееся увеличением длины волны.

Правильный ответ: Эффект Комптона.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

Определите, во сколько раз следует увеличить термодинамическую температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость R_e возросла в 81 раз.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Энергетическая светимость черного тела определяется законом Стефана-Больцмана

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

где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постоянная Стефана-Больцмана; T – термодинамическая температура. Запишем для разных температур

$$R_{e1} = \sigma T_1^4, \quad R_{e2} = \sigma T_2^4.$$

По условию $R_{e2}/R_{e1} = \eta$, где $\eta = 81$.

$$\frac{R_{e2}}{R_{e1}} = \frac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4} = \frac{T_2^4}{T_1^4}, \text{ или } \frac{T_2^4}{T_1^4} = \eta, \text{ откуда } \frac{T_2}{T_1} = \sqrt[4]{\eta} = \sqrt[4]{81} = 3.$$

Ответ: В три раза

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

2. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

Давление монохроматического света с длиной волны $\lambda = 500 \text{ нм}$ на поверхность с коэффициентом отражения $\rho = 0,3$ расположенную перпендикулярно падающему свету, равно $0,2 \text{ мкПа}$. Определите число фотонов, падающих ежесекундно на единицу площади этой поверхности.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Давление, производимое светом при нормальном падении на поверхность,

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

где E_e – облученность поверхности, т.е. энергия всех фотонов, падающих в единицу времени на единицу поверхности; $E_e = Nh\nu$. Так как $\nu = \frac{c}{\lambda}$, имеем

$$p = Nh \frac{1 + \rho}{\lambda},$$

откуда искомое число фотонов, падающих каждую секунду на единицу площади поверхности,

$$N = \frac{p\lambda}{(1 + \rho)h}.$$

Ответ: $N = \frac{p\lambda}{(1 + \rho)h} = 1,16 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}.$

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

3. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

Какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона, длина волны λ которого равна 200 нм?

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Импульс фотона

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}. \quad (1)$$

Кинетическая энергия электрона $T = \frac{p_e^2}{2m_e} = eU$, откуда импульс электрона

$$p_e = \sqrt{2m_e eU}, \quad (2)$$

где m_e – масса электрона; e – заряд электрона.

Приравняв, согласно условию задачи, (1) и (2), получим искомую ускоряющую разность потенциалов U . $\frac{h}{\lambda} = \sqrt{2m_e eU}$, откуда

$$U = \frac{h^2}{2m_e e \lambda^2}.$$

Произведем вычисления

$$U = \frac{(6,626 \cdot 10^{-34})^2}{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (200 \cdot 10^{-9})^2} = 37,7 \cdot 10^{-6} \text{ В} = 37,7 \text{ мкВ}.$$

Ответ: $U = \frac{h^2}{2me\lambda^2} = 37,7 \text{ мкВ}$

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

4. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

Фотон с энергией $\varepsilon = 0,3 \text{ МэВ}$ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроны. Определите кинетическую энергию T электрона отдачи, если длина волны рассеянного фотона увеличилась на 25%.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. При упругом рассеянии выполняется закон сохранения энергии:

$$\varepsilon = T + \varepsilon_2, \quad (1)$$

где T – кинетическая энергия электрона, ε_2 – энергия рассеянного фотона.

Энергии фотонов равны:

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}, \quad \varepsilon_2 = \frac{hc}{\lambda_2}. \quad (2)$$

Длина волны рассеянного фотона

$$\lambda_2 = 1,25\lambda. \quad (3)$$

Подставляя в (3) выражение для $\lambda = \frac{hc}{\varepsilon}$, получим $\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon}{1,25}$ и подставим в

выражение (1). $\varepsilon = T + \frac{\varepsilon}{1,25}$, откуда кинетическая энергия электрона

$$T = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{1,25} = \frac{0,25\varepsilon}{1,25} = \frac{\varepsilon}{5} = \frac{0,3 \text{ МэВ}}{5} = 0,06 \text{ МэВ} = 60 \text{ кэВ}$$

Ответ: $T = \varepsilon/5 = 60 \text{ кэВ}$

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

5. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с четвертого энергетического уровня на второй. $E_0 = 13,6 \text{ эВ}$

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Сериальная формула, определяющая частоту ν света, излучаемого или поглощаемого атомом водорода при переходе из одного стационарного состояния в другое

$$\nu = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right).$$

Величины $R = 3,2931193 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ – постоянная Ридберга. Энергия фотона, испускаемого или поглощаемого атомом водорода

$$\varepsilon = h\nu = hR \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = E_0 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right).$$

Здесь $E_0 = 13,6 \text{ эВ}$ – постоянная Ридберга в энергетических единицах (энергия первого энергетического уровня атома водорода).

Таким образом, энергия фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с четвертого энергетического уровня на второй, будет равна

$$\varepsilon = E_0 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 13,6 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) = 13,6 \frac{3}{16} = 2,55 \text{ эВ}.$$

Ответ: 2,55 эВ

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее – ФОС) по дисциплине «Физика атома и атомных явлений» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению.

Председатель учебно-методической
комиссии института технологий и
инженерной механики



Ясуник С.Н.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)