

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
(НГТУ)**

**Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической физики
им. академика Ф.М. Митенкова**

Выпускающая кафедра «Ядерные реакторы и энергетические установки»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института
Хробостов А.Е.
«01» июня 2020 г.



**Оценочные материалы по дисциплине
«Атомная физика»
ОП ВО**

**по специальности: 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы
Направленность (специализация): Ядерные реакторы**

Квалификация выпускника: инженер-физик

Очная форма обучения

г. Нижний Новгород
2020 г

Фонд оценочных знаний по дисциплине «Атомная физика»

Теоретические вопросы.

1. Фотоэффект. Объяснение фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна.
2. Фотоны. Экспериментальное подтверждение теории фотонов. Характеристики фотонов.
3. Рассеяние альфа-частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Опыт Франка-Герца.
4. Боровское условие квантования. Элементарная боровская теория водородного атома.
5. Волновые свойства частиц. Гипотеза де-Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.
6. Принцип неопределенности. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
7. Уравнение Шрёдингера. Волновая функция. Ее физический смысл.
8. Частица в одномерной потенциальной яме. Потенциальный барьер. Туннельный эффект.
9. Уравнение Шрёдингера для атома водорода. Квантование энергии и момента импульса. Волновая функция атома водорода. Квантовые числа.
10. Спектры щелочных металлов. Мультиплетность спектров. Спин.
11. Результирующий механический момент многоэлектронного атома. Спин-орбитальное взаимодействие. Квантовые числа многоэлектронных атомов.
12. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням. Периодическая система элементов.
13. Характеристическое рентгеновское излучение. Оптические и рентгеновские спектры.
14. Магнитный момент атома. Гиромагнитные соотношения. Фактор Ланде.
15. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана.
16. Энергия молекулы. Молекулярные спектры.
17. Вынужденное излучение. Лазеры.

Задачи для самостоятельного решения

1. К электродам рентгеновской трубки приложена разность потенциалов 60 кВ . Наименьшая длина волны рентгеновских лучей, получаемых от этой трубки, равна $0,0194 \text{ нм}$. Найти из этих данных постоянную Планка.
2. Найти коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в 2 раза.
3. При некотором напряжении на рентгеновской трубке с алюминиевым антикатодом длина волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра равна $0,50 \text{ нм}$. Будет ли наблюдаться при этом К-серия характеристического спектра, потенциал возбуждения которого равен $1,56 \text{ кВ}$?
4. При изучении фотоэффекта, оказалось, что де-бройлевская длина волны фотоэлектрона совпадает с длиной волны воздействующего излучения λ . Определить λ , если работа выхода материала $A = 4 \text{ эВ}$.
5. Какую скорость приобретает первоначально покоящийся свободный атом ртути при поглощении им фотона резонансной частоты и переходе на первый возбуждённый уровень? Первый потенциал возбуждённого атома ртути $4,9 \text{ В}$.
6. До какого максимального потенциала зарядится удаленный от других тел медный шарик при облучении его электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 140 \text{ нм}$.
7. Электрон, пройдя разность потенциалов $4,9 \text{ В}$, сталкивается с атомом ртути и переводит его в первое возбужденное состояние. Какую длину волны имеет фотон, соответствующий переходу атома ртути в нормальное состояние?
8. Определить: 1) частоту вращения электрона, находящегося на первой боровской орбите; 2) эквивалентный ток.
9. Максимальная длина волны спектральной водородной линии серии Лаймана равна $0,12 \text{ мкм}$. Предполагая, что постоянная Ридберга неизвестна, определить максимальную длину волны линии серии Бальмера.
10. Найти: 1) период обращения электрона на первой боровской орбите в атоме водорода; 2) его угловую скорость.
11. Определить частоту света, излучаемого атомом водорода, при переходе электрона на уровень с главным квантовым числом $n = 2$, если радиус орбиты электрона изменился в $k = 9$ раз.
12. Атом водорода находится в возбужденном состоянии, характеризуемом главным квантовым числом $n = 4$. Определить возможные спектральные линии в спектре водорода, появляющиеся при переходе атома из возбужденного состояния в основное.
13. Основываясь на том, что энергия ионизации атома водорода $E_i = 13,6 \text{ эВ}$, определить в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующую самой длинноволновой линии серии Бальмера.

14. Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B=15\text{ мТл}$ по окружности радиусом $R=1,4\text{ м}$. Определить длину волны де Бройля для протона
15. 2..... Определить, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля λ для него была равна 1 нм .
3. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов $U=500\text{ В}$, имеет длину волны де Бройля $\lambda=1,282\text{ нм}$. Принимая заряд этой частицы равным заряду электрона, определить ее массу.
4. Определить, как изменится длина волны де Бройля электрона атома водорода при переходе его с четвертой боровской орбиты на вторую.
5. Моноэнергетический пучок нейтронов, получаемый в результате ядерной реакции, падает на кристалл с периодом $d=0,15\text{ нм}$. Определить скорость нейтронов, если брегговское отражение первого порядка наблюдается, когда угол скольжения $\varphi=30^\circ$.
16. Принимая, что электрон находится внутри атома диаметром $0,3\text{ нм}$, определить (в электрон-вольтах) неопределенность энергии этого электрона
17. Электронный пучок ускорен разностью потенциалов $U=1\text{ кВ}$. Известно, что неопределенность скорости составляет $0,1\%$ от ее числового значения. Оценить неопределенность координаты электрона. Являются ли электроны в данных условиях квантовой или классической частицей.
18. Определить отношение неопределенностей скорости электрона, если его координата установлена с точностью до 10^{-5} м , и пылинки массой $m=10^{-12}\text{ кг}$, если координата установлена с такой же точностью.
19. Электронный пучок выходит из электронной пушки под действием разности потенциалов $U=200\text{ В}$. Определить, можно ли одновременно измерить траекторию электрона с точностью до 100 нм (с точностью порядка диаметра атома) и его скорость с точностью 10% .
20. Электрон движется в атоме водорода по первой боровской орбите. Принимая, что допускаемая неопределенность скорости составляет 10% от ее числового значения, найти неопределенность координаты электрона. Применимо ли в данном случае для электрона понятие траектории.
21. Используя соотношение неопределенностей в форме $\Delta p_x \Delta x \geq \hbar$, оценить минимально возможную полную энергию электрона в атоме водорода. Принять неопределенность координаты равной радиусу атома. Сравнить полученный результат с теорией Бора.
22. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оценить размытость энергетического уровня в атоме водорода для возбужденного состояния (время его жизни равно 10^{-8} с).
23. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками» находится в основном состоянии. Определить вероятность обнаружения частицы в левой трети «ямы».
24. Электрон находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками». Определить вероятность

- обнаружения электрона в средней трети «ямы», если электрон находится в возбужденном состоянии ($n = 3$). Пояснить физический смысл полученного результата, изобразив графически плотность вероятности обнаружения электрона в данном состоянии.
25. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии ($n = 3$). Определить, в каких точках «ямы» ($0 \leq x \leq l$) плотность вероятности обнаружения частицы: 1) максимальна; 2) минимальна. Пояснить полученный результат графически.
 26. Определить, при какой ширине одномерной прямоугольной «потенциальной ямы» с бесконечно высокими «стенками» дискретность энергетического спектра электрона сравнима с его средней кинетической энергией при температуре T .
 27. Доказать, что энергия свободных электронов в металле не квантуется. Принять, что ширина l прямоугольной «потенциальной ямы» с бесконечно высокими «стенками» для электрона в металле составляет 10 см .
 28. Выписать спектральные обозначения термов атома водорода, электрон которого находится в состоянии с главным квантовым числом $n=3$.
 29. Сколько и какие значения квантового числа J может иметь атом в состоянии с квантовыми числами S и L , равными соответственно: а) 2 и 3; б) 3 и 3; в) $5/2$ и 2?
 30. Найти возможные мультиплетности ν термов типа: а) ${}^{\nu}D_2$; б) ${}^{\nu}P_{3/2}$; в) ${}^{\nu}F_1$.
 31. Сколько спектральных линий, разрешенных правилами отбора, возникают при переходе атомов лития в основное состояние из возбужденного $4s$ состояния?
 32. Выписать возможные термы атомов, сод. кроме заполненных оболочек, 2 электрона: s и p .
 33. Выписать возможные термы атома, который кроме заполненных оболочек имеет два p электрона с разными главными квантовыми числами.
 34. Какую минимальную энергию может иметь электрон в ионе He^+ , имеющий орбитальное квантовое число $l = 3$?
 35. Нарисовать схему переходов, определить число компонент и величину расщепления в эффекте Зеемана на линии ${}^4D_{1/2} \rightarrow {}^4P_{1/2}$. Магнитное поле считать слабым.
 36. Рассмотрите эффект Зеемана для перехода ${}^5G_2 \rightarrow {}^5F_1$. Покажите на схеме расщепление каждого из уровней в магнитном поле и разрешенные переходы. Определите смещения расщепленных подуровней относительно первоначального состояния и частоты, наблюдаемые в спектре. Магнитное поле считать «слабым».
 37. Атом находится в магнитном поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$. Найти полное расщепление ΔE (эВ) термов ${}^1S, {}^1P, {}^1D$.
 38. На сколько компонент расщепится в магнитном поле терм: ${}^1S; {}^1P; {}^1D; {}^2D_{5/2}$?
 39. На сколько подуровней расщепится в слабом магнитном поле терм: ${}^3P_0; {}^3P_{5/2}; {}^3P_{3/2}; {}^4D_{1/2}$?
 40. Вычислить полное расщепление $\Delta\omega$ спектральной линии ${}^3D \rightarrow {}^3P$ в

слабом магнитном поле с индукцией $B = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$.

41. Некоторая спектральная линия, обусловленная переходом в 2S - состояние, расщепилась в слабом магнитном поле на шесть компонент. Написать спектральный символ исходного терма.
42. Изобразить схему возможных переходов в слабом магнитном поле между термами $^2P_{3/2}$ и $^2S_{1/2}$. Вычислить для магнитного поля $B = 4,5 \text{ кГс}$ смещения (в с^{-1}) зеемановских компонент этой линии.
43. Вычислить полное расщепление $\Delta\omega$ спектральной линии $^3D_3 \rightarrow ^3P_2$ в слабом магнитном поле с индукцией $B = 3,4 \text{ кГс}$.
44. Начертить схему зеемановского расщепления спектральной линии для перехода $^3S_1 \leftrightarrow ^3P_1$ и определить сдвиг отдельных компонент относительно невозмущенной линии. Напряженность магнитного поля 75 А/м .
45. Сколько спектральных линий будет наблюдаться при переходах $^1D_2 \leftrightarrow ^1P_1$ и $^3D_2 \leftrightarrow ^3P_1$ в слабом магнитном поле?
46. Изобразить графически расщепление уровней $^4D_{5/2}$ и $^4F_{7/2}$ в слабом магнитном поле и указать возможные переходы.