

**Коллоквиум №6**  
(Основы квантовой физики)

**Вопросы**

1. Тепловое излучение и его свойства. Люминесценция.
2. Энергетическая светимость, поглотительная и излучательная способность тела.
3. Закон Кирхгофа для равновесного теплового излучения и универсальная функция Кирхгофа.
4. Законы Стефана-Больцмана и Вина для теплового излучения абсолютно черного тела.
5. Спектр теплового излучения абсолютно твердого тела. Классическая формула Релея–Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Вина.
6. Гипотеза Планка для энергетического спектра квантового гармонического осциллятора. Средняя энергия квантового гармонического осциллятора. Формула Планка для спектра теплового излучения абсолютно черного тела.
7. Тормозное рентгеновское излучение. Формула для коротковолновой границы излучения.
8. Фотоэффект. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
9. Опыты Боте по рентгеновской флюоресценции.
10. Фотоны и их свойства: энергия, импульс, масса.
11. Эффект Комптона. Формула Комптона для рассеянного излучения. Комптоновская длина.
12. Спектр излучения атома водорода. Формула Бальмера для частот излучения. Спектральные серии Лаймана, Бальмера, Пашена, Брэкета.
13. Постулаты Бора. Теория Бора атома водорода. Квантование момента импульса электрона для стационарных орбит. Энергетический спектр водородоподобных атомов.
14. Волновая гипотеза де Бройля. Корпускулярно волновой дуализм частиц вещества. Волна де Бройля свободно движущейся частицы.
15. Понятие состояния в квантовой механике. Волновая функция частицы и ее физический смысл. Нормировка волновой функции.
16. Физические величины в квантовой механике. Операторы и средние значения физических величин. Оператор импульса, момента импульса, координаты, оператор Гамильтона.
17. Квантование физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов.
18. Неопределенность физических величин в квантовой механике. Соотношения неопределенностей Гейзенберга и Бора.
19. Волновое уравнение Шредингера - временное и стационарное. Волновая функция стационарных состояний.
20. Энергетический спектр и волновые функции частицы в бесконечно глубокой, одномерной, прямоугольной потенциальной яме. Критерий квантования энергетического спектра.
21. Туннельный эффект. Эффективная длина туннелирования.
22. Уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода и его решение. Зависимость энергии и волновых функций от квантовых чисел. Боровский радиус волновой функции основного состояния.
23. Опыты Герлаха и Штерна. Собственный момент количества движения электрона. Квантование проекции спина на выделенную ось.
24. Магнитный момент электрона. Гироскопическое отношение для орбитального и собственного момента импульса электрона в атоме. Магнетон Бора.
25. Решение уравнения Шредингера для системы взаимодействующих частиц в приближении Хартри-Фока. Многоэлектронные атомы. Электронные слои и оболочки.

26. Фермионы и Бозоны. Принцип Паули для распределения частиц с учетом спина по состояниям.  
Электронная конфигурация атомов.

### Контрольные вопросы

1. Какое излучение физических тел называется тепловым? Дать определение.
2. Какое излучение физических тел называется люминесценцией? Дать определение.
3. Чем люминесценция отличается от теплового излучения? Дать краткий ответ.
4. Что называется фотолюминесценцией? Дать определение.
5. Что называется катодолюминесценцией? Дать определение.
6. Какое тепловое излучение называется равновесным? Дать определение.
7. Что называется энергетической светимостью тела (интегральной излучательной способностью)? Дать определение. Записать общую формулу, пояснить обозначения.
8. Какая физическая величина называется излучательной (испускающей) способностью тела? Дать определение.
9. Какая связь существует между энергетической светимостью и испускающей способностью тела? Записать уравнение, пояснить обозначения.
10. Что называется поглощательной способностью тела? Дать определение. Записать формулу, пояснить обозначения.
11. Какая связь существует между поглощательной и испускающей способностью при термодинамическом равновесии тела с тепловым излучением? Записать уравнение, пояснить обозначения.
12. Какое тело называется абсолютно черным? Дать определение. Чем это тело отличается от серого? Дать краткий ответ.
13. Что называется спектром теплового излучения? Дать определение. Нарисовать качественный график теплового излучения твердого тела. Пояснить обозначения.
14. Представить на графике спектр теплового излучения абсолютно черного тела и серого. Сделать необходимые пояснения.
15. Чем спектр теплового излучения отличается от спектра излучения атома, молекулы?
16. Сформулировать закон Кирхгофа для равновесного теплового излучения твердых тел.
17. Чему равняется давление теплового излучения? Записать формулу, пояснить обозначения.
18. Какая связь существует между энергетической светимостью и плотностью энергии теплового излучения? Записать формулу, пояснить обозначения.
19. Какие значения согласно Планку может принимать энергия теплового излучения с заданной частотой и поляризацией? Записать формулу, пояснить обозначения.
20. Чему равняется согласно Планку среднее значение энергии теплового излучения с заданной частотой и поляризацией? Записать формулу, пояснить обозначения.
21. Чему равняется согласно Планку среднее значение энергии теплового излучения с заданной частотой при температуре  $T$ ?
22. При каких температурах средняя тепловая энергия квантового гармонического осциллятора равна энергии классического осциллятора? Записать условие для температуры, пояснить обозначения.
23. Сформулировать и записать закон Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела. Записать формулу, пояснить обозначения.
24. Сформулировать и записать закон смещения Вина для абсолютно черного тела. Пояснить обозначения.
25. С помощью какого закона теплового излучения можно определить температуру на поверхности звезды? Дать формулировку этого закона.
26. Какая звезда имеет более высокую температуру – красная или голубая? Ответ обосновать.

27. Как зависит от температуры максимум излучательной способности абсолютно черного тела в  $\lambda$  представлении (второй закон Вина)? Записать формулу, пояснить обозначения.
28. Какой вид согласно теории Рэлея – Джинса имеет спектр теплового излучения твердого тела? Нарисовать график спектра. Пояснить обозначения.
29. Какое явление, связанное с тепловым излучением, называется «ультрафиолетовой катастрофой»?
30. Формула Планка для теплового излучения абсолютно черного тела. Записать формулу, пояснить обозначения.
31. Что называется фотоном? Какими характеристиками частицы обладает фотон с частотой  $\nu$ ? Какую поляризацию он имеет?
32. Представить на графике спектр тормозного рентгеновского излучения. Сделать необходимые пояснения.
33. Чем спектр тормозного рентгеновского излучения ограничен в области коротких волн? Дать краткий ответ.
34. Представить на графике вольтамперную характеристику фототока. Сделать необходимые пояснения.
35. Почему сила фототока насыщения при внешнем фотоэффекте не зависит от частоты света? Дать краткий ответ.
36. Чему равняется частота света, соответствующая красной границе внешнего фотоэффекта? Записать формулу, пояснить обозначения.
37. Чему равняется напряжение между анодом и катодом, при котором фототок внешнего фотоэффекта становится равным нулю? Записать формулу, пояснить обозначения.
38. Какое свойство фотонов было обнаружено в опытах Боте? Дать краткий ответ.
39. Чему равняется импульс фотона? Записать формулу, пояснить обозначения.
40. Чему равняется масса фотона? Записать формулу, пояснить обозначения.
41. Какое явление называется рассеянием Комптона? Дать определение.
42. Записать уравнение Комптона для угла рассеяния. Пояснить обозначения.
43. Что называется длиной волны Комптона? Дать определение. Записать формулу, пояснить обозначения.
44. Какой вид имеет спектр излучения атомов? Чем он отличается от спектра теплового излучения? Дать краткий ответ.
45. Что описывает формула Бальмера? Дать краткий ответ.
46. Записать формулу Бальмера, пояснить обозначения.
47. В какой области спектра лежит серия излучения Пашена для атома водорода? Дать краткий ответ. Записать формулу для длин волн этой серии, пояснить обозначения.
48. В какой области спектра лежит серия излучения Лаймана для атома водорода? Дать краткий ответ. Записать формулу для длин волн этой серии, пояснить обозначения.
49. В какой области спектра лежит серия излучения Бальмера для атома водорода? Дать краткий ответ. Записать формулу для длин волн этой серии, пояснить обозначения.
50. Какие орбиты электрона в атоме, согласно Бору, называются стационарными? Дать определение.
51. Какие следствия вытекают из опытов Франка и Герца по исследованию электрического тока в газах? Дать краткий ответ.
52. Чему, согласно Бору, равняется энергия фотона, излучаемого атомом? Дать определение.
53. Чему равняются разрешенные значения энергии электрона в атоме водорода? Записать формулу, пояснить обозначения.

54. Какие значения момента импульса, согласно Бору, может принимать электрон в атоме водорода, двигаясь по стационарной орбите? Записать формулу, пояснить обозначения.
55. Чему равняется радиус Бора атома водорода? Дать определение.
56. Записать формулу для радиуса Бора атома водорода, пояснить обозначения.
57. Сформулировать гипотезу де Бройля для частиц вещества?
58. Чьи и какие опыты подтвердили волновую гипотезу де Бройля?
59. Чему равняется длина волны де Бройля для свободного движения частицы вещества? Записать формулу, пояснить обозначения.
60. Записать уравнение волны де Бройля для свободного движения частицы с заданным импульсом. Пояснить обозначения.
61. Чем описывается состояние частицы в квантовой механике? Дать определение.
62. В чем состоит физический смысл волновой функции? Дать определение.
63. Какому условию нормировки подчиняется волновая функция? Записать формулу, пояснить обозначения.
64. В чем заключается принцип суперпозиции волновых функций? Дать краткий ответ?
65. Что называется «квантовым ансамблем»? Дать определение. Для чего он нужен? Дать краткий ответ.
66. Как рассчитать среднее квантовомеханическое значение физической величины частицы в заданном состоянии? Записать формулу, пояснить обозначения.
67. Как найти разрешенные значения физической величины в квантовой механике? Дать краткий ответ. Записать уравнение, пояснить обозначения.
68. Какие разрешенные значения согласно КМ может принимать квадрат момента импульса частицы? Записать формулу, пояснить обозначения.
69. Какие разрешенные значения согласно КМ может принимать энергия квантового ротатора? Записать формулу, пояснить обозначения.
70. Какие разрешенные значения согласно КМ может принимать энергия квантового осциллятора? Записать формулу, пояснить обозначения.
71. Какие разрешенные значения согласно КМ может принимать проекция момента импульса частицы на выделенную ось? Записать формулу, пояснить обозначения.
72. Какой вид имеет оператор импульса частицы в координатном представлении? Записать формулу, пояснить обозначения.
73. Какой вид имеет оператор момента импульса частицы в координатном представлении? Записать формулу, пояснить обозначения.
74. Какой вид имеет оператор кинетической энергии частицы? Записать формулу, пояснить обозначения.
75. Какой вид имеет оператор радиус-вектора частицы в координатном представлении? Дать краткий ответ.
76. Что называется оператором Гамильтона в квантовой механике. Дать определение.
77. Записать оператор Гамильтона для частицы, движущейся в потенциальном поле. Пояснить обозначения.
78. Записать оператор Гамильтона для одномерного квантового осциллятора. Пояснить обозначения.
79. В чем состоит принцип неопределенностей физических величин в квантовой механике? Дать краткий ответ.
80. Сформулировать и записать соотношения неопределенностей Гейзенберга для координат и импульсов частицы.

81. Сформулировать и записать соотношение неопределенностей Бора. Пояснить обозначения.
82. Записать временное уравнение Шредингера для частицы в потенциальном поле. Пояснить обозначения.
83. Какой вид имеет волновая функция частицы в стационарном состоянии? Записать уравнение для волновой функции, пояснить обозначения.
84. Записать стационарное уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода. Пояснить обозначения.
85. Какие разрешенные значения энергии имеет частица в прямоугольной, одномерной, бесконечно глубокой потенциальной яме? Записать формулу, пояснить обозначения.
86. Записать формулу для нормированной волновой функции частицы в прямоугольной, одномерной, бесконечно глубокой потенциальной яме. Пояснить обозначения.
87. При какой температуре следует учитывать дискретный характер энергетического спектра частицы в потенциальной яме? Записать формулу, пояснить обозначения.
88. Какой вид имеет волновая функция основного состояния частицы в прямоугольной бесконечно глубокой потенциальной яме? Записать формулу, пояснить обозначения.
89. Какое явление, связанное с квантовомеханическим движением частиц, называется туннельным эффектом. Дать определение.
90. Эффективная длина туннелирования частиц. Дать определение.
91. Эффективная длина туннелирования частиц. Записать формулу, пояснить обозначения.
92. От каких квантовых чисел зависит волновая функция электрона в атоме водорода? Дать краткий ответ.
93. В каких пределах изменяются азимутальное и магнитное квантовые числа волновой функции электрона в атоме водорода при заданном значении главного квантового числа.
94. Какой вид имеет волновая функция основного состояния электрона в атоме водорода? Записать формулу, пояснить обозначения.
95. Какой физический смысл имеет радиус Бора с точки зрения КМ?
96. В чем заключается приближение Хартри-Фока для квантовой системы взаимодействующих частиц? Сформулировать основные положения.
97. Чему равняется волновая функция квантовой системы взаимодействующих частиц в одночастичном приближении?
98. Чему равняется энергия квантовой системы взаимодействующих частиц в одночастичном приближении?
99. От каких квантовых чисел в одночастичном приближении зависит энергия электронов в атоме? Дать краткий ответ
100. Что называется электронным слоем атома? Дать определение.
101. Какие международные обозначения имеют три нижних электронных слоя атомов? Какие значения главного квантового числа им соответствуют? Дать краткий ответ.
102. Какое максимальное число электронов может находиться в слое с заданным значением главного квантового числа?
103. Что называется электронной оболочкой атома? Дать определение.
104. Какие международные обозначения имеют три нижние электронные оболочки? Какие значения орбитального квантового числа им соответствуют? Дать краткий ответ.
105. Какое максимальное число электронов может находиться в оболочке с заданным значением орбитального квантового числа?

106. Какое следствие вытекает из опытов Герлаха и Штерна по измерению магнитного момента электрона? Дать краткий ответ.
107. Какие значения в единицах  $\hbar$  может принимать проекция спина электрона на выделенную ось? Записать формулу, пояснить обозначения.
108. Чему равняется модуль спина электрона? Записать формулу.
109. Какие частицы называются фермионами? Дать определение. Каким свойством они обладают?
110. Какие частицы называются бозонами? Дать определение. Каким свойством они обладают?
111. В чем заключается принцип Паули для распределения невзаимодействующих фермионов по состояниям? Дать краткий ответ.
112. В чем заключается принцип Паули для распределения невзаимодействующих бозонов по состояниям? Дать краткий ответ.
113. Что называется электронной конфигурацией атома? Дать определение.
114. Что называется гироскопическим отношением электрона в атоме? Дать определение.
115. Чему равняется гироскопическое отношение для орбитального движения электрона в атоме? Записать формулу, пояснить обозначения.
116. Чему равняется гироскопическое отношение для спина электрона? Записать формулу, пояснить обозначения.
117. Какие значения может принимать орбитальный магнитный момент электрона в атоме. Записать формулу, пояснить обозначения.
118. Какие значения может принимать спиновый магнитный момент электрона. Записать формулу, пояснить обозначения.
119. Что называется магнетоном Бора? Дать определение. Записать формулу, пояснить обозначения.