

## Вопросы к экзамену по физике для потока ИУ1, ИУ2 специалитета (весенний семестр 2023/24 уч.г.)

### Тепловое излучение

1. Тепловое излучение. Основные характеристики: энергетическая светимость, испускательная способность ( $r_{\lambda,T}$ ,  $r_{\omega,T}$  и связь между ними), поглощательная способность. АЧТ.
2. Закон Кирхгофа для теплового излучения.
3. Объёмная плотность энергии теплового излучения и её связь с испускательной способностью. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина.
4. Формула Рэлея-Джинса (вывод на основе классических представлений). Ультрафиолетовая катастрофа.
5. Энергия кванта света (фотона) и вывод формулы Планка для теплового излучения. Корпускулярно-волновой дуализм.
6. Экспериментальные подтверждения квантовой природы света (тормозное излучение, фотоэффект и эффект Комптона).
7. Внешний фотоэффект. Опыты Столетова. Уравнение Эйнштейна.
8. Эффект Комптона.

### Волновые свойства микрочастиц

9. Гипотеза Луи де-Бройля о волновых свойствах частиц (и опыт Дэвиссона-Джермера, как её подтверждение).
10. Соотношения неопределённостей Гейзенберга для координаты и импульса, энергии и времени.
11. Применение формулы дебройлевской длины волны и соотношений неопределённостей, как критериев необходимости использования законов квантовой механики для рассмотрения данной задачи.

### Основы нерелятивистской квантовой механики

12. Временное уравнение Шрёдингера и рассуждения, к нему приводящие.
13. Физический смысл  $\Psi$  – функции (в копенгагенской трактовке). Условия, которым должны удовлетворять волновые функции, являющиеся регулярными решениями ур. Шрёдингера.
14. Уравнение Шрёдингера для стационарных состояний (вывод из временного уравнения). Дискретность или непрерывность энергетического спектра, как следствие требования регулярности решения.
15. Решение уравнения Шрёдингера для микрочастицы в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Энергия частицы.

16. Решение уравнения Шрёдингера для микрочастицы в 3-мерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Вырождение энергетических уровней. Кратность вырождения.
17. Принцип суперпозиции квантовых состояний. Среднее значение физической величины, имеющей определенные значения в состояниях, суперпозицией которых является данное состояние.  
Парадокс кошки (кот Шрёдингера).
18. Энергетический спектр линейного гармонического осциллятора (без вывода). Эквидистантность уровней энергии.
19. Низкий потенциальный порог. Коэффициент отражения.
20. Высокий потенциальный порог.
21. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
22. Примеры физических явлений, связанных с туннельным эффектом (холодная эмиссия электронов из металла, альфа-распад и сканирующие туннельные микроскопы).
23. Постулаты квантовой механики.
24. Скалярное произведение функций, собственные значения и собственные функции операторов, эрмитово-сопряженные операторы.
25. Эрмитовы операторы - операторы наблюдаемых физических величин и действительность их собственных значений.
26. Спектр оператора (дискретный или непрерывный), как спектр значений физической величины.
27. Ортогональность и полнота системы собственных функций операторов наблюдаемых ф.в. Коэффициенты разложения по базису.
28. Операторы координаты, проекции импульса, импульса, квадрата импульса, кинетической энергии, потенциальной энергии.  
Гамильтониан.  
Оператор механического момента относительно оси и спектр его собственных значений.
29. Коммутатор и условие одновременной измеримости физических величин. Величины, которые можно и нельзя одновременно точно измерить.
30. Среднее значение физической величины. Понятия ансамбля и среднего по ансамблю.
31. Понятие векторов бра и кет.
32. Модель атома Бора-Резерфорда. Постулаты Бора.
33. Оператор момента импульса. Одновременная измеримость энергии и квадрата момента импульса в кулоновском поле ядра водородоподобного атома.
34. Уравнение Шрёдингера для электрона в атоме водорода.
35. Главное квантовое число и значения энергии.
36. Орбитальное квантовое число и магнитное квантовое число. Модуль орбитального механического момента и его проекция на выделенное направление.
37. Спектр излучения и поглощения для атома водорода. Правило отбора. Диаграмма Гроттриана. Серии Лаймана, Бальмера и Пашена. Формула Бальмера-Ридберга.
38. Орбитальный магнитный момент электрона. Гиромагнитное отношение. Магнетон Бора.

39. Спин. Модуль собственного механического момента электрона и его проекция на выделенное направление.
40. Опыт Штерна и Герлаха. Собственный магнитный момент электрона.
41. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Формула Планка.
42. Свойства вынужденного излучения. Среды с инверсной заселённостью.
43. Лазеры.

### **Квантовые статистические распределения**

44. Принцип неразличимости (принцип тождественности) одинаковых микрочастиц. Оператор перестановки.
45. Симметричные и антисимметричные состояния. Бозоны и фермионы.
46. Волновая функция системы невзаимодействующих бозонов. Волновая функция системы невзаимодействующих фермионов. Принцип Паули (запрет Паули).
47. Плотность квантовых состояний для системы свободных микрочастиц.  $g(E)$  для свободных электронов и фотонов.
48. Вывод распределения Бозе-Эйнштейна. Предельный переход распределения Бозе-Эйнштейна в классическое распределение Максвелла-Больцмана. Случай переменного числа частиц. Формула Планка.
49. Распределение Ферми-Дирака. Энергия Ферми.
50. Связь функции распределения частиц по энергиям с плотностью квантовых состояний и функцией Ферми-Дирака/Бозе-Эйнштейна.
51. Нахождение средних значений физических величин при помощи функции распределения по энергиям.
52. Вырождение. Температура вырождения (температура Ферми).
53. Сверхпроводимость.

### **Зонная теория твёрдых тел**

54. Образование энергетических зон при сближении атомов.
55. Зонная структура металлов, полупроводников и диэлектриков.
56. Собственная проводимость п/п. Температурная зависимость электропроводности чистых п/п.
57. Внутренний фотоэффект в п/п. Фоторезисторы. Люминесценция и её виды.
58. Примесные п/п р – и n – типа. Донорные и акцепторные уровни. Положение уровня Ферми.
59. Подвижность электронов и дырок. Эффект Холла в п/п.
60. Р-n – переход при отсутствии внешнего напряжения, а также при прямом и обратном подключении. ВАХ р-n – перехода. Полупроводниковый диод.
61. Фотодиоды, фото-ЭДС и светодиоды.

## **Введение в ядерную физику и физику элементарных частиц<sup>1</sup>**

62. Структура атомного ядра. Протон, нейтрон и их основные характеристики.
63. Характеристики атомного ядра, изотопы. Размеры и спин ядра атома.
64. Свойства ядерных сил.
65. Обменный механизм электромагнитного и ядерного взаимодействий. Пи-мезоны. Объяснение значений собственного магнитного момента нуклонов.
66. Дефект масс и энергия связи ядра. Вид зависимости удельной энергии связи от массы ядра. Два варианта получения энергии за счет ядерных реакций.
67. Термоядерный синтез. Деление ядер. Цепные реакции. Понятие критической массы.
68. Радиоактивность и её виды. Образование нейтрино при  $\beta$ -распаде. Закон радиоактивного превращения. Активность, постоянная распада, среднее время жизни и период полураспада. Радиоактивные ряды.
69. Частицы и античастицы. Предсказание существования античастиц, сделанное Дираком на основе существования заполненных отрицательных уровней энергии. Позитрон и другие античастицы. Аннигиляция.
70. Элементарные частицы. 4 вида взаимодействий между элементарными частицами.
71. Классификация элементарных частиц.  
Блок-схема: гравитоны, фотоны, лептоны и адроны (мезоны и барионы) и примеры частиц, относящихся к этим группам.
72. Кварковая структура адронов. Конфайнмент.
73. Понятия Единой теории электрослабого взаимодействия и Теории великого объединения (стандартной модели).
74. Теорема Эмми Нётер. Симметрии и законы сохранения.

## **Вариационный принцип в механике (дополнительный материал<sup>2</sup>)**

75. Функционал. Вариация функционала. Необходимое условие экстремума.
76. Обобщённые координаты и скорости. Лагранжева функция. Действие. Принцип наименьшего действия.
77. Вывод уравнений Лагранжа из принципа наименьшего действия.

*Садовников С.В. 09/06/2024*

---

<sup>1</sup> В вопросах 68-73 не обязательно помнить данные, имеющие второстепенное значение. Например, не обязательно помнить константы различных видов взаимодействий, точные значения масс элементарных частиц, виды гиперонов, виды нейтрино, названия кварков и их квантовые числа и т.п..

Вместе с тем, необходимо иметь общее представление обо всем вышеуказанном (например, знать названия типов элементарных частиц; знать, что адроны состоят из кварков; знать теорему Нётер и т.п.).

<sup>2</sup> Дополнительный материал не содержится в экзаменационных билетах. За его незнание оценка не может быть снижена. За знание дополнительного материала оценка может быть повышена.