



«УТВЕРЖДАЮ»  
ВРИО директора ИТЦ УП РАН  
д.ф.м.н., профессор  
М.Ф. Булатов  
2016 г.

## ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ В АСПИРАНТУРУ ИТЦ УП РАН

### Физические основы механики

1. Кинематика. Перемещение точки. Векторы и скаляры. Некоторые сведения о векторах. Скорость. Вычисление пройденного пути. Равномерное движение. Проекция вектора скорости на координатные оси. Ускорение. Прямолинейное равномерное движение. Ускорение при криволинейном движении. Кинематика вращательного движения. Связь между векторами  $V$  и  $\omega$ .

2. Динамика материальной точки. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Второй закон Ньютона. Единицы измерения и размерности физических величин. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Свободное падение тел. Масса и вес. Сила трения. Силы, действующие при криволинейном движении. Движение тела с переменной массой. Импульс силы. Количество движения. Закон сохранения количества движения.

3. Работа и энергия. Работа. Мощность. Потенциальное поле сил. Силы консервативные и неконсервативные. Энергия. Закон сохранения энергии. Связь между потенциальной энергией и силой. Условия равновесия механической системы. Центральный удар шаров

4. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Центробежные силы инерции. Силы Кориолиса.

5. Механика твердого тела. Движение твердого тела. Движение центра инерции твердого тела. Вращение твердого тела. Момент силы. Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент инерции. Кинетическая энергия твердого тела. Момент количества движения материальной точки. Момент количества движения твердого тела. Закон сохранения момента количества движения. Свободные оси. Главные оси инерции. Гироскопы. Упругие деформации твердого тела. Закон Гука.

6. Всемирное тяготение. Закон всемирного тяготения. Зависимость ускорения силы тяжести от широты местности. Масса инертная и масса гравитационная. Законы Кеплера. Космические скорости.

7. Статика жидкостей и газов. Давление. Распределение давления в покоящихся жидкостях и газе. Выталкивающая сила.

8. Гидродинамика. Линии и трубки тока. Неразрывность струи. Уравнение Бернулли. Измерение давления в текущей жидкости. Применение закона сохранения количества движения к движению жидкости. Силы внутреннего трения. Ламинарное и турбулентное течения. Движение тел в жидкостях и газах. Понятие о подъемной силе и силе сопротивления.

### Колебания и волны

9. Колебательное движение. Общие сведения о колебаниях.



Гармонические колебания. Энергия гармонического колебания. Гармонический осциллятор. Малые колебания системы вблизи положения равновесия. Математический маятник. Физический маятник. Представление гармонического колебания с помощью вектора амплитуд. Сложение колебаний одинакового направления. Биения. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу. Затухающие колебания. Автоколебания. Вынужденные колебания. Параметрический резонанс. Колебания связанных осцилляторов.

10. Волны. Распространение волн в упругой среде. Плоская и сферическая волны. Уравнение плоской волны. Волновое уравнение. Скорость распространения упругих волн. Энергия упругой волны. Интерференция и дифракция волн. Стоячие волны. Колебания струны. Звуковые волны. Скорость звуковых волн в газах. Эффект Допплера. Ультразвук.

### Молекулярная физика и термодинамика

11. Предварительные сведения. Молекулярно-кинетическая теория и термодинамика. Масса и размеры молекул. Равновесные и неравновесные состояния системы. Внутренне энергия системы. Первое начало термодинамики. Работа, совершаемая телом при изменениях его объема. Температура. Уравнение состояния идеального газа.

Основы термодинамики. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия обратимых и необратимых машин. КПД цикла Карно для идеального газа. Термодинамическая шкала температур. Приведенное количество тепла. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Свойства энтропии. Теорема Нернста. Энтропия и вероятность.

12. Элементарная кинетическая теория газов. Уравнение кинетической теории газов для давления. Учет распределения скоростей молекул по направлениям. Равнораспределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа. Уравнение адиабаты идеального газа. Политропические процессы. Работа, совершаемая идеальным газом при различных процессах. Распределение молекул газа по скоростям. Экспериментальная проверка закона распределения. Максвелла. Энтропия идеального газа. Барометрическая формула. Распределение Больцмана. Средняя длина свободного пробега. Явления переноса. Вязкость газа, теплопроводность, диффузия в газах. Ультраразреженные газы. Эффузия.

13. Реальные газы. Отклонение газов от идеальности. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы. Пересыщенный пар и перегретая жидкость. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона. Ожижение газов.

14. Кристаллическое состояние. Отличительные черты кристаллического состояния, Типы кристаллических решеток. Тепловое движение в кристаллах. Теплоемкость кристаллов.

15. Жидкое состояние. Поверхностное натяжение, Давление под изогнутой поверхностью жидкости. Явления на границе жидкости и твердого тела. Капиллярные явления.

16. Фазовые равновесия и превращения. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Кристаллическая точка. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Тройная точка. Диаграмма состояния. Понятия о фазовых переходах второго рода.



## Электричество

17. Электрическое поле в вакууме. Взаимодействие зарядов. Закон Кулона. Системы единиц. Электрическое поле. Напряженность поля. Суперпозиция полей. Поле диполя. Линии напряженности. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса. Работа сил электростатического поля. Потенциал. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом. Эквипотенциальные поверхности.

18. Электрическое поле в диэлектриках. Полярные и неполярные молекулы. Диполь в однородном и неоднородном электрических полях. Поляризация диэлектриков. Описание поля в диэлектриках. Силы, действующие на заряд в диэлектрике. Сегнетоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.

19. Проводники в электрическом поле. Равновесие зарядов на проводнике. Проводник во внешнем электрическом поле. Емкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.

20. Энергия электрического поля. Энергия системы зарядов Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.

21. Постоянный электрический ток. Электрический ток. Электродвижущая сила. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Джоуля-Ленца. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Коэффициент полезного действия источника тока,

22. Магнитное поле в вакууме. Взаимодействие токов. Магнитное поле. Закон Био-Савара. Поле движущегося заряда. Поля прямого и кругового токов. Циркуляция вектора  $\mathbf{B}$ . Поле соленоида и тороида.

23. Действие магнитного поля на токи и заряды. Сила, действующая на ток в магнитном поле. Закон Ампера. Силы Лоренца. Контур с током в магнитном поле. Работа, совершаемая при перемещении тока в магнитном поле.

24. Магнетики. Описание поля в магнетиках. Классификация магнетиков. Магнитомеханические явления. Магнитные моменты атомов и молекул. Диамагнетизм, Парамагнетизм, Ферромагнетизм.

25. Электромагнитная индукция. Явления электромагнитной индукции. Электродвижущая сила индукции. Методы измерения магнитной индукции. Токи Фуко. Явления самоиндукции. Ток при замыкании и размыкании цепи. Энергия магнитного поля. Взаимная индукция. Работа перемагничивания ферромагнетика.

26. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Отклонение движущихся заряженных частиц электрическим и магнитным полями. Определение заряда и массы электрона. Определение удельного заряда положительных ионов. Масс-спектрографы. Циклотрон.

27. Электрический ток в металлах и полупроводниках. Природа носителей тока в металлах. Элементарная классическая теория металлов. Понятие о квантовой теории металлов. Полупроводники. Эффект Холла. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия Электронные лампы. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Полупроводниковые диоды и триоды. Фотоэмиссия.

28. Ток в электролитах. Диссоциация молекул в растворах. Электролиз. Законы Фарадея. Электролитическая проводимость.

29. Электрический ток в газах. Виды газового разряда. Несамостоятельный газовый разряд. Ионизационные камеры и счетчики. Процессы, приводящие к появлению носителей тока при самостоятельном разряде. Газоразрядная плазма.



Тлеющий, дуговой, искровой и коронный разряды.

30. Переменный ток. Квазистационарные токи. Переменный ток, текущий через индуктивность. Переменный ток, текущий через емкость. Цепь переменного тока, содержащая емкость, индуктивность и сопротивление. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока.

31. Электрические колебания. Свободные колебания в контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Вынужденные электрические колебания. Получение затухающих колебаний.

32. Электромагнитное поле. Вихревое электрическое поле. Бетатрон. Ток смещения. Электромагнитное поле. Описание свойств векторных полей. Уравнение Максвелла.

33. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоская электромагнитная волна. Экспериментальное исследование электромагнитных волн. Энергия электромагнитного поля. Импульс и давление электромагнитного поля. Излучение диполя, Скин-зффефект.

### Оптика

34. Основные законы оптики. Принцип Ферма. Скорость света. Световой поток. Фотометрические величины и их единицы. Фотометрия.

35. Геометрическая оптика. Основные понятия и определения. Центрированная оптическая система. Сложение оптических систем. Преломление на сферической поверхности. Линза. Погрешности оптических форм. Оптические приборы. Светосила объектива.

36. Интерференция света. Световая волна. Интерференция световых волн. Способы наблюдения интерференции света. Интерференция света при отражении от тонких пластинок. Применения интерференции света.

37. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от простейших преград. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Разрешающая сила объектива.

38. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Поляризация при двойном лучепреломлении. Интерференция поляризованных лучей. Кристаллическая пластинка между двумя поляризаторами. Искусственное двойное лучепреломление. Вращение плоскости поляризации.

39. Оптика движущихся сред и теория относительности. Опыт Физо и опыт Майкельсона. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Интервал. Сложение скоростей. Эффект Доплера и абберация. Релятивистская динамика.

40. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом. Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова.

41. Тепловое излучение. Тепловое излучение и люминесценция. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана и закон Вина. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка. Оптическая пирометрия.

42. Фотоны. Тормозное рентгеновское излучение. Фотоэффект. Фотоны. Эффект Комптона.

### Атомная Физика

43. Боровская теория атома. Закономерности в атомных спектрах. Модель



атома Томсона. Опыты по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца. Элементарная боровская теория водородного атома.

44. Квантово-механическая теория водородного атома. Гипотеза Де-Бройля. Волновые свойства вещества. Уравнение Шредингера. Квантово-механическое описание движения микрочастиц. Свойства волновой функции. Квантование. Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме. Атом водорода.

45. Многоэлектронные атомы. Спектры щелочных металлов. Нормальный эффект Зеемана. Мультиплетность спектров и спин электрона. Момент количества движения в квантовой механике. Результирующий момент многоэлектронного атома. Аномальный эффект Зеемана. Распределение электронов в атоме по энергетическим уровням. Периодическая система элементов Менделеева. Рентгеновские спектры. Ширина спектральных линий. Вынужденное излучение.

46. Молекулы и кристаллы. Энергия молекулы. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Теплоемкость кристаллов.

47. Взаимодействие частиц с веществом. Прохождение заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери. Однократное и многократное рассеяние. Излучение Вавилова-Черенкова. Взаимодействие фотонов и электронов с веществом. Эффект Мёссбауэра. Лазеры. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов.

#### Физика атомного ядра и элементарных частиц

48. Атомное ядро. Состав и характеристика атомного ядра. Свойства стабильных ядер. Спины ядер и магнитные моменты. Четность. Электрические квадрупольные моменты ядер. Масса и энергия связи ядра. Природа ядерных сил. Модельные представления о строении ядер – оболочечная, капельная, обобщенная. Радиоактивность.  $\alpha$ -распад и протонный распад. Радиусы ядер. Ядерные реакции. Деление ядер. Спонтанное деление. Термоядерные реакции.

48. Классификация элементарных частиц и виды взаимодействий. Частицы и античастицы. Изотопический спин. Странные частицы. Нейтрино. Систематика элементарных частиц. Сильные взаимодействия. Квантовые числа. Электромагнитные взаимодействия. Принцип минимальности электромагнитного взаимодействия. Правила отбора по изотопическому спину. Комптоновское рассеяние. Рассеяние электронов и  $\mu$ -мезонов нуклонами и ядрами. Слабые взаимодействия.  $\beta$ -распад. Форма спектров. Разрешенные и запрещенные переходы.  $\mu$ -захват. Правила отбора Ферми и Гамова-Геллера. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях. Комбинированная четность.

49. Космические лучи. Первичное космическое излучение. Электромагнитная каскадная теория. Множественная генерация при сильных взаимодействиях. Спектр космических лучей. Методы наблюдения элементарных частиц. Солнечные нейтрино.