

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук**

РАССМОТРЕНО

УТВЕРЖДАЮ

Ученым советом ФИАН

Протокол № 01/22

от 24. января. 2022 г.

Ученый секретарь ФИАН

Колобов А.В.

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Физического
института им. П.Н. Лебедева
Российской академии наук
Колачевский Н.Н.

« 24 » 01 2022г.

Программа вступительных испытаний

Часть I дисциплина «Общая физика»

по специальностям:

- 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики
- 1.3.3. Теоретическая физика
- 1.3.6. Оптика
- 1.3.8. Физика конденсированного состояния
- 1.3.9. Физика плазмы
- 1.3.15. Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий
- 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника
- 1.3.19. Лазерная физика

Часть II дисциплина «Астрофизика и астрономия».

по специальности:

- ### 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Москва, 2022

Часть I

дисциплина «Общая физика».

§1. Физические основы механики

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

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. Силы 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. Статистика 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 к движению жидкости закона сохранения количества движения. Силы внутреннего трения. Ламинарное и турбулентное течение. Движение тел в жидкостях и газах. Понятие о подъемной силе и силе сопротивления.

§2. 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 амплитуды. Сложение колебаний одинакового направления. Биения. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу. Затухающие колебания. Автоколебания. Вынужденные колебания. Параметрический резонанс. Колебания связанных осцилляторов.

10. Волны. Распространение волны в упругой среде. Плоская и сферическая волны. Уравнение плоской волны. Энергия упругой волны. Интерференция и дифракция волн.

Стоячие волны. Колебания струны. Звуковые волны. Скорость звуковых волн в газах, эффект Доплера. Ультразвук.

§3. Молекулярная физика и термодинамика.

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

12. 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. Приведённое количество теплоты. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Свойства энтропии. Теорема Нернста. Энтропия и вероятность.

13. Элементарная кинетическая теория газов. Уравнение кинетической теории газов для давления. Учет распределения скоростей молекул по направлениям. Равнораспределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоёмкость 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. Ультра разрежённые газы. Эффузия.

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

15. Кристаллическое состояние. Отличительные черты кристаллического состояния. Типы кристаллических решёток. Тепловое движение в кристаллах. Теплоёмкость кристаллов.

16. Жидкое состояние. Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости. Явления на границе жидкости и твёрдого тела. Капиллярные явления.

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

§4. Электричество

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

19. 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.

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

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

22. 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.

23. 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.

24. 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.

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

26. 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.

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

28. 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. Взрывная электронная эмиссия. Полупроводниковые диоды и триоды. Фотоэмиссия.

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

30. 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.

31. 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.

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

33. Электромагнитное поле. Вихревое электрическое поле. Бетатрон. Ток смещения. Электромагнитное поле. Описание свойств векторных полей. Уравнения Максвелла в вакууме и в материальных средах.

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

§5. Оптика.

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

36. Геометрическая оптика. Основные понятия и определения. Центрированная оптическая система. Сложение оптических систем. Преломление на сферической

поверхности. Линза. Погрешности оптических форм. Оптические приборы. Светосила объектива.

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

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

39. 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.

40. 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 абберрация. Релятивистская динамика.

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

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

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

§6. Атомная физика.

44. Боровская теория атома. Закономерности в атомных спектрах. Модель атома Томсона. Опыты по рассеянию α - частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца. Элементарная боровская теория водородного атома.

45. Квантово-механическая теория водородного атома. Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства вещества. Уравнение Шредингера. Квантово-механическое описание движения микрочастиц. Нулевая энергия и нулевые колебания. Свойства волновой функции. Квантование. Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме. Атомы водорода.

46. 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.

47. Молекулы и кристаллы. Энергия молекулы. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Теплємкость кристаллов. Эффект Мёссбауэра. Лазеры.

§7. Физика атомного ядра и элементарных частиц.

48. Атомное ядро. Состав и характеристика атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Природа ядерных сил. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции.

49. Космические лучи. Методы наблюдения элементарных частиц.

50. Классификация элементарных частиц и виды взаимодействий. Частицы и античастицы. Изотопический спин. Странные частицы. Не сохранение четности в слабых взаимодействиях. Нейтрино. Систематика элементарных частиц.

Основная литература.

1. Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин., Курс общей физики. В 3 кн. Кн.1. Механика. М.: Юрайт Издательство ООО, 2013 - 352с.
2. Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин., Курс общей физики. В 3 кн. Кн.2. Электромагнетизм. Оптика. Квантовая физика. М.: Юрайт Издательство ООО, 2013 - 438с.
3. Б.В. Бондарев, Н.П. Калашников, Г.Г. Спирин., Курс общей физики. В 3 кн. Кн.3. Термодинамика. Статистическая физика. Строение вещества. М.: Юрайт Издательство ООО, 2013 - 369с.
4. Д.В. Сивухин. Общий курс физики (в 5 томах) Том I "Механика", Москва, "Физматлит", 2010г. – 560с.
5. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Том II. "Термодинамика и молекулярная физика". Москва, "Физматлит", 2011г. – 543с.
6. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Том III. "Электричество". Москва, "Физматлит", 2004 г. – 654с.
7. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Том IV. "Оптика". Москва, "Физматлит", 2004г – 792с.
8. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Том V. "Атомная и ядерная физика". Москва, "Физматлит", 2008г – 782с.
9. И.В. Савельев. Курс общей физики. Т. I, Механика. Молекулярная физика и термодинамика, М.: Кнорус, 2012г. - 521с.
10. И.В. Савельев. Курс общей физики. Т. II, Электричество и магнетизм. Волны. Оптика, М.: Кнорус, 2012г. - 570с.
11. И.В. Савельев. Курс общей физики, Т. III, Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, М.: Кнорус, 2012г.- 359с.
12. О.С. Литвинов, В.С. Горелик. Электромагнитные волны и оптика. М.: Издательство МГТУ им. Н.З. Баумана, 2006. – 449с.
13. Г.А. Месяц Врывная электронная эмиссия. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 280 с.
14. Ю.М. Ципенюк Нулевая энергия и нулевые колебания. УФН 2012, т.182, №8, стр.855-867.

Дополнительная литература.

1. Э. Парселл. Берклевский курс физики. Электричество и магнетизм. СПб.: Лань, 2005г. - 420 с.
2. И.Е. Тамм. Основы теории электричества., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 615 с.
3. С.Г.Калашников. Электричество. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 624 с.
4. И.К. Кикоин, А.К. Кикоин. Молекулярная физика. СПб.: Лань, 2008, - 484с.
5. Г.С. Ландсберг. Оптика, Изд. 6-е, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 848 с.

Часть II

дисциплина «Астрофизика и астрономия».

§1. Общие вопросы астрометрии и небесной механики.

1. Основные точки и линии небесной сферы. Определение основных плоскостей: горизонта, небесного экватора, эклиптики, галактического экватора. Системы небесных координат: горизонтальная, экваториальная, эклиптическая. Принципы построения систем координат. Принципы гиросtabilизации и астроориентации космических приборов (гироскопы, звездные и солнечные датчики).
2. Движение полюсов Земли. Нутация и прецессия. Суточная и годовая абберация. Суточный и годичный параллакс.
3. Астрономический счет времени. Звездное время, солнечное время (истинное, среднее, поясное, летнее, декретное). Уравнение времени. Тропический год.
4. Задача двух тел, типы движений в задаче двух тел. Основы теории невозмущенного кеплеровского движения. Элементы орбит.
5. Основы теории возмущенного движения. Оскулирующие элементы.
6. Движение искусственных спутников Земли и характеристики их орбит. Движение космических аппаратов, типы траекторий, гравитационный маневр.
7. Основы теории движения Луны: движение линии узлов, линии апсид. Синодический, сидерический, аномалистический и драконический месяцы. Солнечные и лунные затмения, их типы, условия наступления. Сарос. Либрации Луны.

§2. Общая астрофизика.

А. Звезды.

1. Шкала звездных величин: видимые и абсолютные звездные величины. Модуль расстояния.
2. Показатель цвета звезд, избыток цвета. Система UBV и ее продолжение. Температура звезд, шкала звездных температур. Спектры звезд и их классификация. Диаграмма «спектр - светимость».
3. Методы определения расстояний до звезд. Движение звезд в пространстве, местная группа. Движение Солнца в Галактике, апекс. Эффект Доплера и определение лучевых скоростей звезд. Собственные движения звезд.
4. Двойные звезды. Определение масс звезд. Тесные двойные системы. Точки либрации. Полость Роша. Различные сценарии эволюции тесных пар.
5. Переменные звезды и их классификация: затменные переменные, цефеиды и их типы (δ Цефея, RR Лиры). Зависимость «период-светимость» для цефеид. Кривые блеска переменных звезд. Новые звезды, катаклизмические и вспыхивающие переменные. Типы сверхновых звезд: Ia, Ib, II. Механизмы их взрывов. Остатки вспышек сверхновых.
6. Основы теории рождения звезд. Гравитационная неустойчивость. Масса Джинса. Протозвезды, звезды типа Т Тельца, звездные ассоциации. Термоядерные реакции горения водорода: pp-цикл и CNO-цикл. Эволюция звезд различных масс, эволюционные треки на диаграмме «Герцшпрунга- Рассела» для звезд различных масс. Связь теории эволюции звезд с наблюдаемыми диаграммами «спектр-светимость» в рассеянных и шаровых звездных скоплениях.
7. Звезды с интенсивным истечением газа: типа Вольфа-Райе, Ae/Be Херbiga. Аномальные звезды: звезды с пекулярным химическим составом, с сильными магнитными полями.

Б. Наша Галактика.

1. Строение Галактики: плоская и сферическая подсистемы. Типы звездного населения и их кинематика. Рассеянные и шаровые звездные скопления. Метод «группового параллакса» определения расстояний до скоплений. Теория галактического вращения и спиральная структура Галактики.
2. Межзвездная среда, распределение газа и пыли в Галактике. Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Межзвездное поглощение света, его зависимость от длины волны излучения. Галактические туманности: светлые и темные. Газовые облака и их физические свойства. Свойства газа в межоблачном пространстве. Мазеры. Области звездообразования.

В. Внегалактическая астрономия и космология.

1. Галактики и их классификация: спиральные, эллиптические, линзовидные и неправильные галактики и их физические характеристики. Пекулярные галактики: галактики с полярными кольцами, взаимодействующие галактики, cD-галактики, голубые карликовые галактики.
2. Галактики с активными ядрами: галактики Сейферта, радиогалактики, квазары.
3. Методы определения расстояний в Метагалактике и оценка размеров галактик. Закон Хаббла и красное смещение. Крупномасштабная структура Вселенной. Скопления и сверхскопления галактик. Местная группа галактик.
4. Основы современной теории эволюции Вселенной. Наблюдательные основы космологии: однородность распределения вещества в больших масштабах, закон Хаббла. Теория расширяющейся Вселенной: ньютоновские уравнения для однородной изотропной Вселенной, закон расширения, критическая плотность. Фридмановские модели расширяющейся Вселенной, кривизна 3-мерного пространства (закрытый, открытый, плоский мир). Гипотеза Большого Взрыва. Гипотеза инфляции. Теория горячей Вселенной. Основные эпохи в истории Вселенной и состояние вещества в эти периоды. Реликтовое излучение и его спектр. Анизотропия реликтового излучения и ее происхождение. Современная космологическая модель по данным эксперимента WMAP. Образование первых структур во Вселенной. Четыре составляющие космической материи и их плотность: излучение, барионное вещество, темное вещество, темная энергия.

Г. Солнечная система.

1. Солнце как звезда (размеры, масса, светимость, температура, спектр). Строение солнечной атмосферы: фотосфера, хромосфера, корона (спектр, физические условия). Ультрафиолетовое и рентгеновское излучение Солнца. Солнечная активность и магнитные поля на Солнце. Солнечный ветер. Исследование внутреннего строения Солнца методами гелиосейсмологии.
2. Земля как планета. Внутреннее строение Земли, ее форма, земная кора. Атмосфера Земли, ее состав, вертикальное строение. Оптические свойства атмосферы: рассеяние и поглощение света в атмосфере Земли, зависимость поглощения от длины волны. Атмосферная рефракция и ее зависимость от высоты объекта, длины волны излучения. Общая циркуляция в атмосфере, атмосферная турбулентность. Астроклимат. Магнитное поле Земли, элементы земного магнетизма. Полярные сияния.
3. Планеты земной группы и их спутники. Луна: размеры, строение поверхности, состав и структура грунта. Меркурий: размеры, поверхность, температурный режим, особенности вращения, атмосфера, внутреннее строение, магнитное поле. Плутон и Харон.
4. Венера. Размеры, поверхность, температурный режим, особенности вращения, внутреннее строение, магнитное поле. Атмосфера Венеры: химический состав, изменение температуры с высотой, облачный слой, ионосфера, механизм разогрева.

5. Марс. Размеры, поверхность, рельеф, температурный режим, внутреннее строение, магнитное поле. Атмосфера Марса. Сезонные события на Марсе. Спутники Марса.
6. Планеты-гиганты. Юпитер: строение и динамика атмосферы, облачный слой. Радиоизлучение Юпитера. Магнитное поле и магнитосфера.
7. Сатурн. Уран. Нептун. Основы теории внутреннего строения планет-гигантов.
8. Малые тела Солнечной системы. Спутники планет, кольца, астероиды, кометы, метеориты, межпланетная пыль, зодиакальный свет. Пояс Койпера. Обработка Оорта.
9. Внесолнечные планеты. Методы их обнаружения.

§3. Теоретическая астрофизика.

1. Атомные спектры и природа спектральных термов. Решение уравнения Шредингера для атома водорода. Спектр атома водорода, в том числе в линии 21 см. Пространственное квантование. Спин, тонкая структура. Спектр молекулы водорода. Спектры щелочных металлов. Спектры атомов и ионов с двумя электронами. Вероятности переходов. Сила осциллятора, коэффициенты Эйнштейна. Эффект Зеемана. Эффекты Штарка. Изотопическое смещение. Сверхтонкая структура.
2. Молекулярные спектры. Вращательные и вращательно-колебательные полосы. Электронные спектры. Молекулярная радиоспектроскопия. Изотопические эффекты. Интенсивности линий. Вращательная температура. Мазерное излучение.
3. Термодинамическое равновесие и его характеристики. Распределения Больцмана, Саха, Максвелла. Закон Планка. Приближения Рэлея-Джинса и Вина, области их применения.
4. Теория звездных фотосфер. Непрерывный спектр. Основные понятия о теории излучения (коэффициенты поглощения и излучения) различные механизмы поглощения в континууме. Уравнение переноса. Гипотеза Л.Т.Р. Закон потемнения диска звезды к краю. Возбуждение и ионизация атомов в звездных атмосферах, рассеяние и истинное поглощение, свободно-свободные переходы, отрицательные ионы водорода. Отклонения от Л.Т.Р. (солнечная корона, планетарные туманности).
4. Образование линий поглощения в спектрах звезд. Уравнение переноса для консервативного случая. Учет истинного поглощения. Доплеровское уширение и истинное затухание. Эффекты давления, уширение линий вследствие столкновений атомов.
5. Турбулентные скорости в атмосферах звезд, постоянная затухания. Влияние вращения звезд на профиль линий. Изменение контуров линий от центра к краю. Влияние ускорения силы тяжести (различие спектров гигантов и карликов).
6. Ионизация атомов излучением и электронным ударом. Основы теории ионизации солнечной короны. Корональные линии и их отождествление. Непрерывный спектр солнечной короны (F, L и K - компоненты).
7. Запрещенные линии в астрофизике. Механизм свечения планетарных туманностей. Метод Занстра для определения температур ядер планетарных туманностей. Поведение балмеровских и запрещенных линий в планетарных туманностях. $L\alpha$ - излучение и его диффузия в планетарных туманностях.
8. Основные характеристики космического радиоизлучения и определение основных понятий. Тормозное излучение, излучение оптически тонкой и оптически толстой плазмы. Синхротронное излучение, его теория и практическое применение к источникам. Рекомбинационные радиолнии. Основы радиоспектроскопии молекул, электронные, колебательные и вращательные переход.
9. Понятие о внутреннем строении звезд и их эволюции. Вырожденный электронный газ. Строение звезд главной последовательности. Красные гиганты и белые карлики. Основы теории эволюции звезд с постоянной массой. Связь теории эволюции звезд с наблюдаемыми диаграммами спектр-светимость в рассеянных и шаровых скоплениях.

§4. Специальные вопросы астрофизики

1. Остатки вспышек сверхновых звезд. Нейтронные звезды. Крабовидная туманность (спектр, компоненты свечения, основы теории). Пульсары. Магнетары.
2. Основы оптики атмосферы для различных диапазонов электромагнитного спектра. Газовая и пылевая составляющие атмосферы и их оптические свойства. Релеевское рассеяние. Рассеяние, поглощение и ослабление малыми частицами.
3. Межзвездная среда. Методы исследования газовой и пылевой компоненты. Молекулы в межзвездной среде. Космические лучи и магнитные поля в Галактике.
4. Источники и механизмы рентгеновского и гамма-излучения (тормозное излучение, излучение горячей оптически тонкой плазмы), обратный Комптон-эффект, распад μ^0 -мезонов. Взаимодействие рентгеновского и гамма-излучения с веществом (ионизационные потери, комптоновское рассеяние, рождение пар). Классификация наблюдающихся дискретных источников космического рентгеновского излучения (остатки сверхновых, двойные рентгеновские источники, барстеры, рентгеновские пульсары). Изотропный рентгеновский и гамма-фон. Внегалактические источники рентгеновского излучения.
5. Излучение пыли. ИК - излучение областей звездообразования молекулярно-пылевых облаков, зон НII планетарных туманностей и околозвездных оболочек. Диффузное свечение плоскости и центра Галактики. ИК-избытки в спектрах звезд и активных галактик. Инфракрасный фон.
6. Эффекты специальной и общей теории относительности в астрофизике. Релятивистский эффект Допплера. Гравитационный радиус. Гравитационное линзирование (типы и наблюдательные эффекты). Эффект Шапиро.
7. Космические гамма-всплески и их послесвечения.

§5. Приборы и средства астрономических наблюдений.

1. Телескопы. Классификация телескопов. Оптические схемы телескопов различных типов. Основные характеристики: диаметр объектива, фокусное расстояние, разрешающая способность, светосила, проникающая способность, поле зрения. Крупнейшие современные телескопы.
2. Аберрации оптических систем: хроматическая, сферическая аберрации, кома, астигматизм. Способы уменьшения аберраций для рефракторов и рефлекторов. Зеркально-линзовые системы телескопов.
3. Устройство и принцип работы ПЗС-матрицы.
4. Методы внеатмосферной астрономии. Детекторы и оптика для ультрафиолетовой и мягкой рентгеновской области (пропорциональные счетчики, зеркальные телескопы косого падения, сотовые и модуляционные коллиматоры). Сцинтилляционные детекторы. Искровые камеры для области гамма-лучей.
5. Приборы для регистрации излучения в ИК и субмиллиметровом диапазонах. Болометры. Окна прозрачности в атмосфере. Приемники излучения в радиодиапазоне. Радиометрический выигрыш. Болометрический и гетеродинный прием в радио и ИК - диапазонах.
6. Радиоастрономические антенны. Основные параметры антенн (эффективная площадь, диаграмма направленности, шумовая температура). Основные типы радиоастрономических антенн (диполь, рупор, зеркальные антенны, решетки). Антенные системы (интерферометр, крест Миллса, антенны апертурного синтеза). Крупнейшие современные радиотелескопы.

7. Основные параметры спектральных приборов (разрешение, светосила, геометрический фактор). Светофильтры. Призмённые спектрографы и спектрометры, дифракционные спектральные приборы. Плоская и вогнутая дифракционные решетки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии: Учебное пособие / Под ред. В.В. Иванова. - М.: Едиториал УРСС, 2001. - 544 с
2. Засов А.В., Постнов К.А. Курс общей астрофизики (2-е изд.: Фрязино: Век 2, 2011)
3. Небо и телескоп. Серия: Астрономия и астрофизика Издательство: Физматлит, 2008г.
4. Солнечная система Серия: Астрономия и астрофизика Издательство: Физматлит, 2008г.
5. Звезды. Серия: Астрономия и астрофизика Издательство: Физматлит, 2008 г.
6. Жаров В. Е. Сферическая астрономия. — М., 2006
7. Лукьянов Л.Г., Ширмин Г.И. Лекции по небесной механике. Алматы 2009
8. Конникова В.К., Лехт Е.Е., Силантьев Н.А. Практическая радиоастрономия : учебное пособие. – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 304 с.
9. Конникова В.К. Конспект лекций по практической радиоастрономии. Нижний Архыз, 1999
10. В.И.Слыш. Интерферометры в астрофизике. Успехи физических наук, т. 87, вып. 3, 1965
11. Миронов А.В. Основы астрофотометрии. Практические основы фотометрии и спектрофотометрии звёзд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008
12. Т.Л.Уилсон, К.Рольфс, С.Хютемейстер "Инструменты и методы радиоастрономии", под ред. д.ф.м-н С.А.Трушкина, Москва, Физматлит, 2012
13. Сурдин В.Г. Большая энциклопедия астрономии, 494с., Эксмо, 2012.
14. Вейнберг С. Космология, 608с. 2012
15. В. П. Решетников "Почему небо темное. Как устроена Вселенная " 2012. 192с. Век2.

СОГЛАСОВАНО:

Помощник директора по работе с молодежью



В.В. Губернов

Заместитель заведующего отделом аспирантуры



С.Д. Зотов