

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. декана физического факультета МГУ

профессор Белокуров В.В.



---

**БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

**Направление подготовки 03.04.02 «Физика»**

**Магистерская программа**

**«ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ И АСТРОФИЗИКА»**

*Государственный экзамен по физике*

*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*

*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 1**

1. Динамика системы материальных точек. Уравнения движения в относительной системе координат.
2. Астрономические шкалы времени: звёздное, всемирное. Атомные шкалы времени: Всемирное координированное время, земное время, геоцентрическое координатное время, барицентрическое координатное время.
3. Какое относительное отверстие должен иметь идеальный телескоп для получения оптимальных снимков в визуальной области с матрицей с 15 мкм пикселем при установке телескопа
  - 1) в космосе ?
  - 2) в месте с наиболее вероятным качеством изображения 0.9 угловых секунд ?

*Государственный экзамен по физике*

*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*

*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 2**

1. Решение задачи о движении двух материальных точек. Законы Кеплера
2. Элементарные процессы, ответственные за излучение, рассеяние и поглощение света разреженного газа. Формирование непрерывного спектра и спектральных линий в различных астрономических объектах (планеты, звёзды, области HII и рентгеновский газ).
3. Масса толстого диска Галактики составляет примерно  $3 \cdot 10^9 M_{\odot}$ . Его радиальная экспоненциальная шкала составляет 3 кпк, а вертикальная – 800 пк. Оцените плотность массы звёздного населения в его центре, а также вклад толстого диска в поверхностную плотность на расстоянии  $R = 8$  кпк от центра в предположении, что он населён звёздами типа Солнца.

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 3**

1. Функция Лагранжа и уравнения Лагранжа системы материальных точек. Интегралы движения.
2. Активные процессы в ядрах галактик: наблюдаемые проявления, представление о возможных механизмах активности. Радиогалактики. Квазары. Массы сверхмассивных черных дыр и способы их оценки.
3. Неразделимая визуально двойная звезда состоит из двух звезд главной последовательности. Их цвета равны  $(B-V)_1 = +0.27^m$  и  $(B-V)_2 = -0.10^m$  соответственно. Найти интегральный цвет двойной системы, если первая звезда ярче второй на  $\Delta V = 1^m$ .

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 4**

1. Механика жидкостей и газов. Течение идеальной жидкости. Уравнение Эйлера.
2. Системы фотоэлектрических звездных величин и показателей цвета. Нормальные цвета звезд, избытки цвета и их учет.
3. Оцените минимальный размер области ускорения частицы космических лучей с зарядом  $Z$  и энергией  $E=10^{15}$  эВ, если напряженность однородного магнитного поля в этой области  $B=10^{-4}$  Гс.

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 5**

1. Течение вязкой жидкости. Уравнение Навье - Стокса. Число Рейнольдса.
2. Двойные звёзды и оценка звёздных масс. Невидимые спутники звёзд (экзопланеты) и методы их обнаружения.
3. Период изменения блеска одной цефеиды равен  $P_1 = 3^d$ , расстояние до неё  $d_1 = 500$  пк, а её видимая звёздная величина  $V_1 = 7.12^m$ . У второй цефеиды  $P_2 = 6.5^d$ ,  $V_2 = 9.83^m$ , расстояние  $d_2 = 1200$  пк. Обе цефеиды находятся точно в тонком диске Галактики. Величина удельного поглощения в полосе V,  $a_V \approx 2^m$ /кпк. Оцените по этим данным наклон и нуль-пункт зависимости « $M_V - I_g P$ » в полосе V.

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 6**

1. Распределение молекул газа по скоростям. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле.
2. Вращение Земли: прецессия, нутация, движение полюса, неравномерность осевого вращения.
3. Две звезды главной последовательности с равными массами  $M > M_{\text{солнца}}$  сливаются в одну звезду без потери массы. Во сколько раз изменится эффективная температура источника? Принять, что радиус звезд пропорционален  $M^{0.8}$ .

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 7**

1. Идеальные бозе- и ферми - газы. Равновесное излучение.
2. Принципы создания инерциальной системы координат методами. Международная небесная опорная координатная система, её реализации в радиодиапазоне и оптическом диапазоне спектра.
3. Оценить длительность события микролинзирования звезды в Магеллановых облаках (расстояние 55 кпк) при пролете тёмного тела солнечной массы в галактическом балдже.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 8**

1. Кинетическое уравнение Больцмана. Понятие об H-теореме.
2. Двумерная классификация спектров и физические факторы, определяющие спектральный класс звезды. Диаграмма «цвет-величина» и эволюционные треки звёзд на диаграмме.
3. Спектрограф стоит в главном фокусе телескопа с относительным отверстием 1:5, диаметры коллиматора и камеры 10 см, качество изображения  $\sim 1''$ . Каковы должны быть фокусные расстояния коллиматора и камеры для согласования качества изображения с размером пикселей приемника, равным 15 мкм?

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 9**

1. Плазменное состояние вещества. Собственные колебания плазмы, распространение электромагнитных волн в плазме.
2. Оптические телескопы и их характеристики. Угловое разрешение телескопов и способы его улучшения.
3. Оцените характерные размеры и период эцикла для популяции звёзд старого диска, находящихся на расстоянии  $R = 8$  кпк от центра Галактики, с дисперсией радиальных скоростей  $\sigma_R = 50$  км/с. Считать кривую вращения диска "плоской" с круговой скоростью, равной  $V(R) = V_0 = 250$  км/с/кпк.

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 10**

1. Электростатическое поле. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Мультипольное разложение потенциала.
2. Вращение галактик и проблема оценки их массы. Условие гравитационной устойчивости галактических дисков.
3. 2.5 м телескоп КГО ГАИШ имеет относительное отверстие  $1/8$ . Посчитать масштаб изображения в фокальной плоскости и оценить суммарный шум считывания, который войдёт в сигнал от звезды при  $1''$  качестве изображения на матрице с квадратным пикселем  $15$  мкм и шумом считывания  $4$  электрона/пиксел.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 11**

1. Уравнение Максвелла в вакууме. Скалярный и векторный потенциалы. Калибровочная инвариантность.
2. Сверхновые и остатки вспышек сверхновых. Стадии расширения оболочек. Решение Седова.
3. С какой скоростью (в граммах/сек и массах Солнца в год) должна происходить аккреция газа на такую звезду как Солнце, чтобы мощность излучения энергии (светимость) сравнялась с той, которая выделяет Солнце в результате термоядерных реакций?

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 12**

1. Энергия электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга.
2. Невозмущенное кеплеровское движение. Метод Лагранжа-Гаусса определения орбиты небесного тела по астрономическим наблюдениям. Элементы орбит.
3. Тонкий слой пыли в галактике имеет оптическую толщину  $\tau_V = 0.5$  и  $\tau_B = 0.9$  и находится в плоскости симметрии толстого звёздного диска. Оценить избыток цвета галактики.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 13**

1. Излучение электромагнитных волн в электрическом дипольном приближении. Радиационное трение.
2. Принципы спутниковой навигации (системы GPS, ГЛОНАСС).
3. Водородная звезда с  $M = 50 M_{\text{Солнца}}$  имеет светимость, близкую к эддингтоновской. Считая, что около половины энергии излучается за лаймановским пределом, грубо оценить, какую массу однородного межзвёздного газа звезда может ионизовать при концентрации частиц, равной 1 атом /  $\text{см}^3$ . Коэффициент рекомбинации равен  $3 \cdot 10^{-13} \text{ см}^{-3}$ . Постоянная Планка  $6.6 \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{с}$ .

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 14**

1. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца.
2. Межзвёздное магнитное поле, наблюдаемые проявления в оптическом диапазоне и радиодиапазоне. Представление о "вмороженности" магнитного поля в газ.
3. Космический аппарат движется по круговой орбите радиусом  $R=1 \text{ а.е.}$ . Аппарату сообщен кратковременный импульс в направлении, обратном движению, в результате которого его орбитальная скорость уменьшилась на  $10 \text{ км/с}$ . Определите эксцентриситет новой орбиты аппарата.



*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 15**

1. Интерференция света. Временная и пространственная когерентность. Интерферометры.
2. Методы оценки расстояний до галактик. Космологическое красное смещение, закон Хаббла.
3. Оценить полную величину термоядерной энергии, которую выделила звезда за всё время жизни, если в начале эволюции она состояла на 70% по массе из водорода и на 30% из гелия, а на конечной стадии масса её ядра равна 1.5 масс Солнца, и в нём преобладают атомы группы железа. Энергия связи атома железа  $^{56}\text{Fe}$  – около 8 МэВ на нуклон, гелия  $^4\text{He}$  – 6 МэВ на нуклон.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 16**

1. Дифракция света. Приближения Френеля и Фраунгофера. Дифракционное разрешение оптических приборов.
2. Различные наблюдаемые состояния межзвёздной среды: области HI, HII, рентгеновский- газ, молекулярные облака, мазерные конденсации.
3. Оценить максимально возможную скорость падения кометы из облака Оорта на Землю.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 17**

1. Излучение света атомами и молекулами. Ширина линии излучения. Спонтанные и вынужденные переходы.
2. Гравитационная неустойчивость. Критическая (джинсовская) масса. Продолжительность свободного сжатия и процессы, тормозящие сжатие облака (тепловое давление, вращение, намагниченность). Протозвёзды.
3. Сферически симметричная галактика с нулевым красным смещением имеет маломассивный спутник на круговой орбите, в котором области ионизованного водорода излучают линию H $\alpha$  на длине волны 6568 А. Найдите нижний предел массы галактики, если спутник находится на расстоянии 20 кпс от неё (в проекции).

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 18**

1. Взаимодействие света и вещества. Излучение абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана.
2. Подсистемы Галактики, структурно-кинематические различия между ними. Химический состав звёзд подсистем. Пространственное распределение и кинематика звёзд.
3. Дана однородная сферическая планета с плотностью  $\rho$  и радиусом  $R$ . Найти силу, с которой притягиваются друг к другу полушария планеты.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 19**

1. Описание эволюции квантово-механических систем. Уравнения Гейзенберга и Шредингера. Стационарные состояния.
2. Атмосфера Солнца: фотосфера, хромосфера, корона. Физическое состояние вещества, наблюдаемая структура и спектр излучения этих слоев.
3. Найти средний интервал времени между парными сближениями звезды, существенно меняющими вектор ее скорости в эллиптической галактике. Принять, что масса каждой звезды равна массе Солнца, средняя концентрация – 1 звезда на куб. парсек. Средняя относительная скорость звезд до сближения – 200 км/с.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 20**

1. Линейный квантовый гармонический осциллятор. Энергии и волновые функции стационарных состояний.
2. Космические лучи: энергия, состав, происхождение. Синхротронное излучение.
3. Какой плотностью должен обладать полностью ионизованный межгалактический водород в скоплениях галактик, чтобы, не имея источников нагрева, сохранять высокую температуру ( $10^8$  К) с эпохи образования галактик ( $10^{10}$  лет назад) до настоящего времени? Функция охлаждения для свободно-свободных переходов равна  $1.4 \cdot 10^{-27} T^{1/2}$  [эрг·см<sup>3</sup>/с].

*Государственный экзамен по физике*

*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*

*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 21**

1. Движение в центральном поле. Атом водорода: волновые функции и уровни энергии.
2. Однородные изотропные модели Вселенной и представление об их наблюдательных проверках. Реликтовое излучение и флуктуации его яркости.
3. На компактный объект с радиусом  $R=5R_g$  ( $R_g$  – гравитационный радиус) происходит аккреция с темпом  $dM/dt = \text{const}$ . Если считать, что вся выделяемая энергия уходит на излучение, то во сколько раз масса, уносимая фотонами за единицу времени, меньше массы выпадающего на объект вещества?

*Государственный экзамен по физике*

*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*

*Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 22**

1. Частицы и взаимодействия. Взаимодействие как обмен квантами калибровочного поля (калибровочными бозонами). Фундаментальные частицы - лептоны и кварки. Античастицы.
2. Конечные стадии звёздной эволюции для звезд разных масс. Белые карлики, нейтронные звезды, чёрные дыры.
3. Геродот рассказывает о солнечном затмении 28 мая 585 г. до н.э., остановившем войну между древними государствами Мидией и Лидией. Полоса затмения проходила через Египет, Сирию. При условии постоянства скорости вращения Земли полоса затмения проходила бы западнее на 5,8 часов по долготе от места, где оно в действительности наблюдалось. Требуется оценить вековое замедление скорости вращения Земли.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 23**

1. Происхождение химических элементов. Ядерные реакции в звёздах.
2. Нестационарные звезды. Цефеиды. Механизмы вспышек карликовых Новых и Новых звёзд.
3. Оценить необходимое время экспозиции для оценки потока от звезды  $V=23^m$  с точностью 10% с телескопом, имеющим диаметр объектива 2.5 м, при изображении 2". Фон неба –  $21^m/\text{кв.сек}$ . Ширина фотометрической полосы равна 1000 А. Шумами приёмника пренебречь.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 24**

1. Гамма-излучение ядер. Эффект Мессбауэра.
2. Полная плотность материи во Вселенной и барионная плотность. Понятие критической плотности, космологической постоянной и возраста Вселенной.
3. Оценить характерную продолжительность явления покрытия звезды астероидом (с учетом волновых эффектов) в полосе  $V$  если известно, что астероид принадлежит главному поясу астероидов, и что явление происходит в местную полночь в меридиане

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Фундаментальная астрономия и астрофизика "*

**Билет № 25**

1. Уравнения магнитной гидродинамики. Условия выполнимости принципа замороженности поля.
2. Вырожденный ферми-газ, уравнение состояния. Белые карлики и нейтронные звезды, наблюдаемые характеристики и предельная масса.
3. Планета массой две массы Земли обращается вокруг звезды типа Солнца на расстоянии 0.3 а.е. Плоскость орбиты наклонена к лучу зрения под углом 2 градуса. Оцените возможность наблюдения транзитов. Оцените амплитуду вариации лучевой скорости звезды. Сделайте вывод о возможности обнаружения планеты, если точность измерений соответствует скорости 40 см в секунду.