

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. декана физического факультета МГУ

профессор Белокуров В.В.



---

**БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

**Направление подготовки 03.04.02 «Физика»**

**Магистерская программа**

**«ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ И БЛИЖНЕГО КОСМОСА»**

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №1**

1. Вариации космических лучей, классификация и методы исследования. Модуляция космических лучей в гелиосфере. Метеорологические и геомагнитные эффекты, определяющие вариации космических лучей.
2. Поляризация света в атмосфере. Параметры Стокса. Поляризация света дневного неба.
3. Изобразить диаграммы распадов заряженных пионов ( $\pi^+$  и  $\pi^-$ ). Почему сильно подавлены распады ( $\pi^\pm \rightarrow e^\pm + \nu$ )?

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №2**

1. Первичное космическое излучение (ПКИ) в магнитном поле Земли. Теория Штермера. Широтный, азимутальный, долготный и высотный эффекты.
2. Ядерный состав первичных космических лучей и его особенности. Распространенность элементов во Вселенной и в космических лучах. Интерпретация различий. Электроны, позитроны, фотоны и антипротоны в составе первичного космического излучения при разных энергиях.
3.  $\alpha$ -частица с кинетической энергией  $T_\alpha = 10$  МэВ испытывает упругое лобовое столкновение с ядром  $^{12}\text{C}$ . Определить кинетическую энергию в л.с. ядра  $^{12}\text{C}$  после столкновения.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №3**

1. Движение заряженных частиц в регулярном магнитном поле. Адиабатические инварианты. Питч-угловое распределение. Питч-угловая диффузия. Конус потерь.
2. Показатель преломления и учет поглощения в среде. Поток электромагнитной энергии и вектор Умова-Пойтинга.
3. При каких относительных орбитальных моментах количества движения протона возможна ядерная реакция  $p + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^8\text{Be}^* \rightarrow \alpha + \alpha$ ?

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова*  
*Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №4**

1. Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли. Процессы формирования земной магнитосферы. Стоячая ударная волна. Переходный слой, магнитопауза. Основные плазменные домены магнитосферы. Авроральный овал. Полярная шапка.
2. Диэлектрическая проницаемость приземных слоев атмосферы. Формула Бина-Даттона. Границы ее применимости космических лучей на неоднородностях магнитного поля Галактики.
3. В результате поглощения ядром  $\gamma$ -кванта вылетает нейтрон с орбитальным моментом  $l_n = 2$ . Определить мультипольность  $\gamma$ -кванта, если конечное ядро образуется в основном состоянии.

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова*  
*Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №5**

1. Радиационные пояса Земли (РПЗ), их состав, структура. Спектры протонов и электронов РПЗ (по энергии и интенсивности). Механизмы формирования и потерь частиц РПЗ.
2. Уравнения геометрической оптики, их физический смысл. Границы применимости подхода.
3. Определить энергию возбуждения составного ядра, образующегося при захвате  $\alpha$ -частицы с энергией  $T = 7$  МэВ неподвижным ядром  $^{10}\text{B}$ .

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова*  
*Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №6**

1. Радиационные условия в околоземном и межпланетном космическом пространстве. Эмпирические модели солнечных и галактических космических лучей. Влияние радиации на космонавтов и на системы космических аппаратов.
2. Солнечные, планетарные и локальные геомагнитные индексы. Физический смысл и построение оценок.
3. Оценить гирочастоту электрона и иона водорода в слоях  $E$  и  $F2$  ионосферы Земли.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №7**

1. Основные параметры межпланетной плазмы (плотность, скорость, температура, ионный состав). Гелиосфера. Процессы формирования солнечного ветра. Взаимодействие солнечного ветра с межзвездной средой. Теоретические модели солнечного ветра и гелиосферы. Модель Паркера.
2. Плазма в атмосфере Земли и ее характеристики. Частота собственных колебаний и радиус Дебая. Понятие о дебаевской экранировке.
3. Барионы  $\Sigma^-$  и  $\Delta^-$  имеют близкие массы и распадаются одинаково:



Нарисовать кварковые диаграммы распадов. За счет каких взаимодействий происходят эти распады?

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №8**

1. Межпланетное магнитное поле. Происхождение. Гелиосферный токовый слой. Токовая система Альфвена в гелиосфере. Секторная структура межпланетного магнитного поля.
2. Звуковые волны в слоистой атмосфере. Определение скорости звука. Модели распространения звука по Ньютону и Лапласу. Зависимость скорости звука от высоты.
3. Реакция  $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K_0$  происходит за время  $\sim 10^{-23}$ . Каждая из рожденных частиц  $\Lambda$  и  $K_0$  распадается за время  $\sim 10^{-10}$  сек. За счет каких сил происходят реакции рождения и распадов? Нарисовать кварковые диаграммы.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №9**

1. Магнитное поле Земли и его изменение. Экранирующее свойство магнитосферы Земли. Жесткость обрезания. Геомагнитные возмущения. Проникновение космических лучей на различные орбиты космических аппаратов и в атмосферу Земли.
2. Рассеяние света в атмосфере. Матрица рассеяния света. Рассеяние света малыми частицами.
3. Определить относительный орбитальный момент  $p$  и  $\pi^+$ , образующихся при распаде  $\Delta^+ \rightarrow p + \pi^+$ .

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №10**

1. Магнитосфера Земли. Гидродинамическая модель обтекания магнитного диполя. Внутренние и внешние источники геомагнитного поля. Постоянное и переменное магнитное поле.
2. Траектория оптического луча в плоскостростой среде. Зависимость траектории от рефракционных свойств среды. Примеры.
3. На Солнце из протонов синтезируются ядра  ${}^4\text{He}_2$ , с выделением энергии  $Q=26.7$  МэВ на одно ядро гелия. Это основной источник энергии Солнца. 90% выделенной энергии определяет светимость Солнца, составляющую  $L=3.8 \cdot 10^{26}$  Вт. Масса Солнца  $M=1.98 \cdot 10^{30}$  кг. Какую массу  $\Delta M$  Солнце теряет за один год? Какая масса водорода  $\Delta M_{\text{H}}$  сгорает на Солнце за 1 год?

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №11**

1. Сравнительная характеристика магнитосфер планет солнечной системы. Особенности строения и генерации.
2. Зависимость скорости звука от температуры и влажности в атмосфере.
3. Оценить отношение сечений двух- и трехфотонной аннигиляции электрон-позитронной пары.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №12**

1. Основные представления о физике Солнца – звезды главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Строение Солнца. Источники энергии. Дифференциальное вращение. Конвективные движения. Атмосфера Солнца. Магнитное поле Солнца.
2. Уравнения Максвелла. Упрощения для случаев различных геофизических сред.
3. Оценить максимальную массу частиц, которые могут родиться при столкновении протона с энергией 10 ГэВ с покоящимся ядром лития.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №13**

1. Ускорение частиц на Солнце. Солнечные вспышки, корональные выбросы массы, солнечные космические лучи. Цикличность солнечной активности.
2. Фоновое (диффузное) излучение Галактики в рентгеновском и гамма-диапазонах. Проблемы Галактического диффузного фона гамма-излучения. Метагалактический диффузный фон гамма-излучения.
3. Из уравнений Максвелла получить волновое уравнение для вектора  $\mathbf{E}$  в проводящей среде

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №14**

1. Солнечно-Земные связи. Циклы солнечной активности и вариации радиации в околоземном пространстве. Проникновение солнечных космических лучей в магнитосферу Земли. Вариации потоков космических лучей вблизи Земли. Эффект Форбуша.
2. Основные характеристики ионосферы Земли.
3. Оценить размер на земле первой зоны Френеля для электромагнитной волны частотой 2 ГГц, используемой в современной навигационной системе типа ГЛОНАСС

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №15**

1. Ускорение частиц индукционными электрическими полями при пересоединении магнитных силовых линий. Ускорение заряженных частиц в крупномасштабных нестационарных магнитных полях. Бетатронный механизм.
2. Поляризация света в атмосфере. Параметры Стокса. Поляризация света дневного неба.
3. Найти величину индекса рефракции в нормальных условиях для сухой атмосферы при 0°C.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №16**

1. Радиационные условия в космическом пространстве. Радиационные поля. Усредненные параметры потоков космической радиации на различных типах орбит космических аппаратов.
2. Диэлектрическая проницаемость приземных слоев атмосферы. Формула Бина-Даттона. Границы ее применимости
3. Найдите энергию квантов, соответствующих максимуму спектра синхротронного излучения в радиационном поясе Земли для электронов с энергией  $E_e(\text{макс}) \sim 7 \cdot 10^6$  эВ ( $H_{\perp} \sim 0.5$  Гс).

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №17**

1. Факторы космической погоды, влияющие на Землю и околоземное космическое пространство. Геоэффективные события на Солнце и в гелиосфере.
2. Межпланетное магнитное поле. Происхождение. Гелиосферный токовый слой. Токовая система Альфвена в гелиосфере. Секторная структура межпланетного магнитного поля.
3. Вычислить порог реакции:  $^{14}\text{N} + \alpha \rightarrow ^{17}\text{O} + \text{p}$ , в двух случаях, если налетающей частицей является: 1)  $\alpha$ -частица, 2) ядро  $^{14}\text{N}$ . Энергия реакции  $Q = 1.18$  МэВ. Объяснить результат.

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №18**

1. Плазма в атмосфере Земли и ее характеристики. Частота собственных колебаний и радиус Дебая. Понятие о дебаевской экранировке.
2. Адронные, лептонные и электромагнитные процессы в космических источниках излучений и в атмосфере Земли. Основные механизмы и примеры.
3. Найти произведение фазовой и групповой скоростей для непоглощающей диспергирующей среды с показателем преломления  $n^2(\omega)=1-\alpha/\omega^2$ .

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №19**

1. Методы регистрации проникающих заряженных частиц (ЗЧ). Особенности построения спектрометров, методы разделения частиц по видам. Способы идентификаций тяжелых ЗЧ. спектрометры электронов.
2. Рассеяние света в атмосфере. Матрица рассеяния света. Рассеяние света малыми частицами.
3. Вычислите пороговую энергию протонов  $E_{\text{пор}}$  для фоторождения нейтральных пионов ( $m_{\pi} = 139$  МэВ) при взаимодействии с реликтовыми фотонами (температура 2,73 К).

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
Магистерская программа «Физика атмосферы и ближнего космоса»*

**Билет №20**

1. Солнечные нейтроны. Нейтроны альbedo. Принципы детектирования нейтронов на космических аппаратах. Нейтронные мониторы для регистрации космических лучей высоких и сверхвысоких энергий.
2. Уравнения Максвелла. Упрощения для случаев различных геофизических сред.
3. Какой будет средняя энергия фотонов реликтового излучения после комптоновского рассеяния на электронах с энергией 100 ГэВ?