

**БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

**Отделение ядерной физики**

**Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»**

**Магистерская программа «Космическая физика и астрофизика космических лучей»**

**гр. 214М**

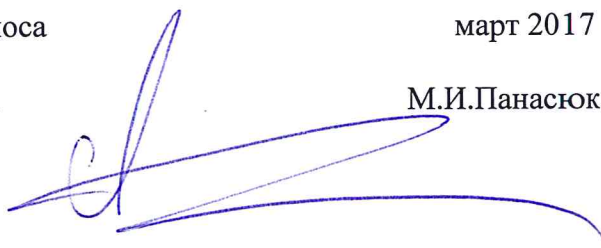
Составлены кафедрой физики космоса

март 2017 года

Зав. кафедрой физики космоса

М.И.Панасюк

профессор

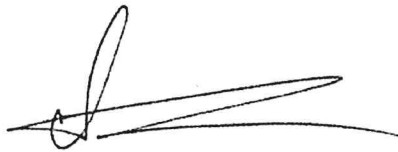


*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*  
**Билет №1.**

1. Первичное космическое излучение (ПКИ), его основные компоненты и их свойства, энергетические спектры. Проблема верхней границы энергетического спектра космических протонов и ядер, эффект ГЗК (Грейзена-Зацепина-Кузьмина).
2. Вариации космических лучей, классификация и методы исследования.
3. Изобразить диаграммы распадов заряженных пионов ( $\pi^+$  и  $\pi^-$ ). Почему сильно подавлены распады ( $\pi^\pm \rightarrow e^\pm + \nu$ )?

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

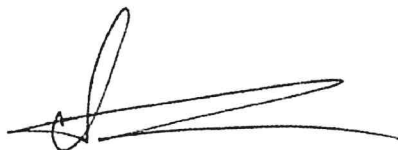
*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №2.**

1. Первичное космическое излучение (ПКИ) в магнитном поле Земли. Теория Штермера. Широтный, азимутальный, долготный и высотный эффекты.
2. Рентгеновское и гамма-излучение тесных двойных систем. Эволюция тесных двойных систем. Рентгеновские пульсары. Формирование профилей импульсов и спектров рентгеновских пульсаров.
3.  $\alpha$ -Частица с кинетической энергией  $T = 10$  МэВ испытывает упругое лобовое столкновение с ядром  $^{12}\text{C}$ . Определить кинетическую энергию в л.с. ядра  $^{12}\text{C}$   $T_{\text{C}}$  после столкновения.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

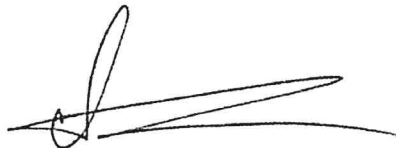
*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №3.**

1. Движение заряженных частиц в регулярном магнитном поле. Адиабатические инварианты. Питч-угловое распределение. Конус потерь. Питч-угловая диффузия.
2. Гамма-излучение очень высоких энергий. Возможные источники: остатки сверхновых (пульсары, плерионы), активные ядра галактик. Черенковская методика регистрации ливней от гамма-квантов в атмосфере Земли.
3. При каких относительных орбитальных моментах количества движения протона возможна ядерная реакция  $p + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^8\text{Be}^* \rightarrow \alpha + \alpha$ ?

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

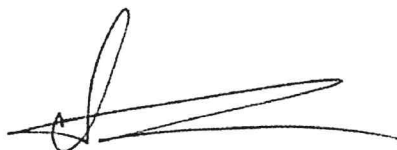
*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №4.**

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. Диффузия космических лучей (КЛ) в Галактике. Дрейф КЛ в крупномасштабном регулярном магнитном поле Галактики (Холловская диффузия). Ускорение 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.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк


*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №5.**

1. Ускорение частиц на Солнце. Солнечные вспышки, корональные выбросы массы, солнечные космические лучи. Цикличность солнечной активности.
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. Определить энергию возбуждения составного ядра, образующегося при захвате  $\alpha$ -частицы с энергией  $T = 7$  МэВ неподвижным ядром  $^{10}\text{B}$ .

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк


*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №6.**

1. Основные параметры межпланетной плазмы (плотность, скорость, температура, ионный состав). Процессы формирования солнечного ветра. Межпланетное магнитное поле: спиральная структура, гелиосферный токовый слой. Теоретические модели солнечного ветра и гелиосферы. Модель Паркера.
2. Рентгеновское и гамма-излучение одиночных нейтронных звезд. Гамма-пульсары. Магнетары, SGR (soft gamma-repeaters) - источники мягких повторяющихся гамма-всплесков.
3. Изобразите диаграммы распадов  $\Lambda \rightarrow n + \pi^0$  и  $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$ . За счет какого взаимодействия происходят эти распады?

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*  
**Билет №7.**

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. Широкие атмосферные ливни (ШАЛ) и их свойства. Компоненты ШАЛ и сопровождающие излучения. Методы регистрации ШАЛ (в том числе по радио-, черенковскому и флуоресцентному излучениям). Установки для изучения ШАЛ. Действующие и проектируемые установки для регистрации космических лучей передельно высоких энергий.
3. Барионы  $\Sigma^-$  и  $\Delta^-$  имеют близкие массы и распадаются одинаково:

$$\Sigma^- \rightarrow n + \pi^- ,$$

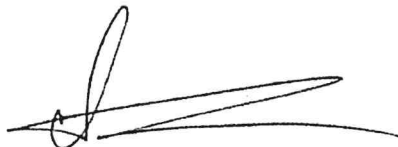
$$\Delta^- \rightarrow n + \pi^- .$$

За счет каких взаимодействий происходят эти распады?

Нарисовать кварковые диаграммы распадов.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк



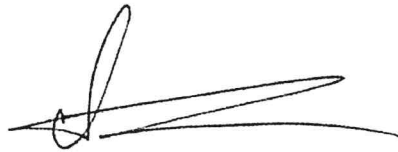
*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №8.**

1. Магнитосфера Земли. Магнитные бури. Магнитосферные суббури. Полярные сияния. Динамика ионных и электронных радиационных поясов во время бурь и суббурь. Сравнительные характеристики магнитосфер планет солнечной системы.
2. Фоновое (диффузное) излучение Галактики в рентгеновском и гамма-диапазонах. Проблемы Галактического диффузного фона гамма-излучения. Метагалактический диффузный фон гамма-излучения.
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.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

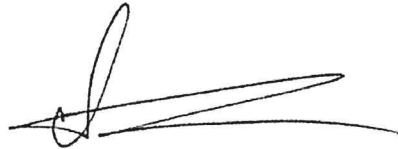
*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №9.**

1. Радиационные пояса Земли (РПЗ), их состав, структура. Спектры протонов и электронов РПЗ (по энергии и интенсивности). Механизмы формирования и потерь частиц РПЗ.
2. Космические гамма-всплески. Экспериментальные методы регистрации гамма-всплесков. Морфологические и статистические характеристики. Модели гамма-всплесков.
3. Определить относительный орбитальный момент  $p$  и  $\pi^+$ , образующихся при распаде  $\Delta^+ \rightarrow p + \pi^+$ .

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

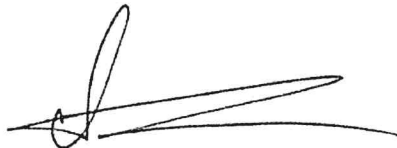
*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №10.**

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. Черные дыры в двойных системах. Отличие рентгеновского излучения двойных систем с черными дырами от рентгеновского излучения двойных систем с нейтронными звездами. Гамма-излучение двойных систем с черными дырами. Микроквазары. Компоненты спектров микроквазаров.
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?

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

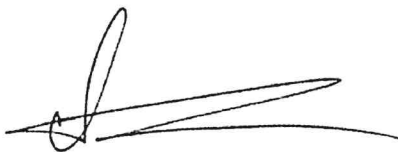
*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №11.**

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. Гамма-излучение активных ядер галактик (АЯГ). Энергетические возможности АЯГ. Унифицированная модель. Характерные спектры блазаров.
3. Оценить отношение сечений двух- и трехфотонной аннигиляции электрон-позитронной пары.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

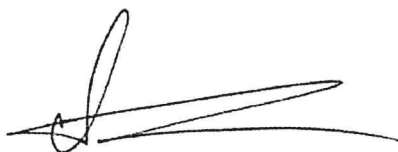
*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №12.**

1. Метеорологические и геомагнитные эффекты, определяющие вариации космических лучей.
2. Происхождение космических лучей (КЛ). Основные механизмы ускорения КЛ. Проблемы инжекции. Ускорение в оболочках сверхновых. Распространение КЛ от источников.
3. Оценить максимальную массу частиц, которые могут родиться при столкновении протона с энергией 10 ГэВ с покоящимся ядром лития.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №13.**

1. Космические лучи (КЛ) сверхвысоких и предельно высоких энергий. Энергетический спектр, зарядовый (массовый) состав, анизотропия. Галактические и экстрагалактические КЛ. Процессы ускорения КЛ. Взаимодействие КЛ с фоновыми излучениями и природа ГЗК-обрезания.
2. Методы регистрации проникающих заряженных частиц (ЗЧ). Особенности построения спектрометров, методы разделения частиц по видам. Способы идентификации тяжелых ЗЧ. спектрометры электронов.
3. Найдите основную частоту фотонов циклотронного излучения на поверхности нейтронной звезды  $N_0 = 10^{12}$  Гс. Какой энергии фотонов в эВ она соответствует?

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №14.**

1. Солнечные нейтроны. Нейтроны альbedo. Принципы детектирования нейтронов на космических аппаратах. Нейтронные мониторы для регистрации космических лучей высоких и сверхвысоких энергий.
2. Механизмы генерации рентгеновского и гамма-излучения в астрофизических объектах и межзвездной среде. Рентгеновское и гамма-излучение в континууме и в линиях. Прозрачность Галактики для рентгеновского и гамма-излучения.
3. Найдите энергию квантов, соответствующих максимуму спектра синхротронного излучения электронов с энергией  $E_e \sim 5 \cdot 10^{12} \text{эВ}$  в остатке сверхновой ( $H \sim 10^{-4} \text{Гс}$ ).

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №15.**

1. Наблюдаемые характеристики и спектральные классы звезд. Диаграммы Герцшпрунга-Рассела. Химический состав звезд. Эволюция звезд в зависимости от массы. Строение звезд главной последовательности. Гидростатическое и тепловое равновесие. Теорема вириала и теплоемкость звезд.
2. Модуляция космических лучей в гелиосфере.
3. Найдите характерное время комптоновских потерь энергии 100 ГэВ-ными электронами из-за рассеяния на реликтовых фотонах. Плотность энергии реликтового излучения  $0.25 \text{ эВ/см}^3$ .

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк



*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №16.**

1. Основные уравнения, описывающие состояние звезд. Перенос энергии в недрах звезды. Термоядерные реакции в звездах. P- P и CNO - циклы. Уравнение Рассела-Фогта. Давление газа и давление излучения. Давление вырожденного газа.
2. Гелиосфера. Взаимодействие солнечного ветра с межзвездной средой.
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).

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

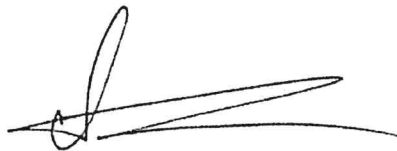
*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №17.**

1. Поздние стадии эволюции звезд. Процессы горения гелия, углерода, кислорода, кремния и др.,  $3\alpha$  процесс. Синтез ядер в звездах, s- и r-процессы. Происхождение химических элементов. Образование и фотодиссоциация ядер. Нейтронизация. Эволюция звезд и звездных остатков разной массы. Эволюция тесных двойных систем разных масс.
2. Межпланетное магнитное поле. Происхождение. Гелиосферный токовый слой. Токовая система Альфвена в гелиосфере. Секторная структура межпланетного магнитного поля.
3. Вычислить порог реакции:  $^{14}\text{N} + \alpha \rightarrow ^{17}\text{O} + p$ , в двух случаях, если налетающей частицей является: 1)  $\alpha$ -частица, 2) ядро  $^{14}\text{N}$ . Энергия реакции  $Q = 1.18$  МэВ. Объяснить результат.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №18.**

1. Сверхновые звезды, их классификация и природа. Импульсия. Основы теории сверхновых звезд. Образование нейтронных звезд и черных дыр. Зависимость типа сверхновой и звездного остатка (или его отсутствия) от начальной массы и металличности звезды. Методы оценки масс и наблюдательные проявления.
2. Радиационные условия в космическом пространстве. Радиационные поля. Усредненные параметры потоков космической радиации на различных типах орбит космических аппаратов.
3. Оцените, за какое время электроны с энергией 10 ГэВ уменьшат свою энергию в два раза из-за синхротронных потерь в межзвездной среде. Типичные значения напряженности магнитного поля  $H \sim 10^{-5} - 10^{-6}$  Гс.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

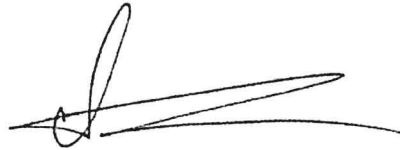
*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №19.**

1. Нейтринная астрофизика. Звездные нейтрино. Ядерные реакции в недрах Солнца с образованием нейтрино. Эксперименты по регистрации солнечных нейтрино.
2. 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.
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).

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



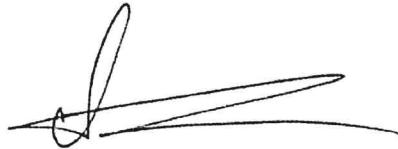
М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*  
**Билет №20.**

1. Нейтринная астрофизика. Космологические нейтрино. Атмосферные нейтрино. Нейтрино сверхвысоких энергий. Эксперименты по регистрации нейтрино.
2. Магнитосфера Земли. Гидродинамическая модель обтекания магнитного диполя. Внутренние и внешние источники геомагнитного поля. Постоянное и переменное магнитное поле.
3. Какой будет средняя энергия фотонов реликтового излучения после комптоновского рассеяния на электронах с энергией 100 ГэВ?

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк

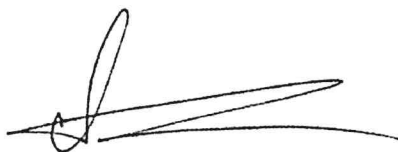
Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"

Билет №21.

1. Механизмы ускорения заряженных частиц в космосе. Бетатронное ускорение частиц и формирование радиационных поясов.
2. Нейтрино в первичном космическом излучении. Процессы генерации. Методы детектирования. Проблемы нейтринной астрофизики.
3. При каких относительных орбитальных моментах количества движения протона возможна ядерная реакция  $p + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^8\text{Be}^* \rightarrow \alpha + \alpha$ ?

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



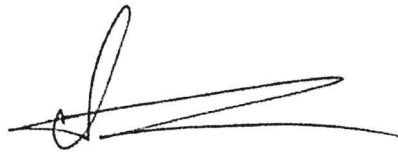
М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*  
**Билет №22.**

1. Методы наблюдательной рентгеновской и гамма-астрономии. Принципы построения рентгеновских и гамма-спектрометров. Особенности мониторинговых наблюдений. Способы локализации источников. Типы рентгеновских и гамма-телескопов. Современные и планируемые эксперименты.
2. Сравнительная характеристика магнитосфер планет солнечной системы.
3. Какие из приведенных ниже слабых распадов адронов запрещены, а какие разрешены?  
1)  $K^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$ ; 2)  $\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 3)  $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^- + e^+ + \nu_e$ .

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



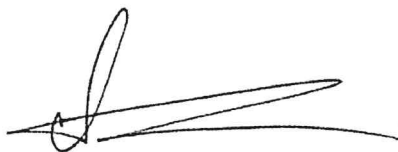
М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике*  
*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*  
**Билет №23.**

1. Основные механизмы элементарных процессов взаимодействия при высоких и сверхвысоких энергиях, способы их описания. Дифракционные процессы. Эффекты лидирования. Пионизация и фрагментация. Струи. Роль этих процессов при взаимодействии космических лучей с атмосферой Земли.
2. Ускорение частиц индукционными электрическими полями при пересоединении магнитных силовых линий. Ускорение заряженных частиц в крупномасштабных нестационарных магнитных полях.
3. Рассчитать дебройлевские длины волн  $\lambda$  протона и электрона с кинетической энергией 1)  $T = 10$  МэВ и 2)  $T = 10$  ГэВ.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк



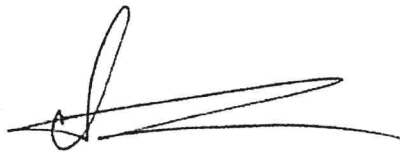
*Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
Магистерская программа "Космическая физика и астрофизика космических лучей"*

**Билет №24.**

1. Адронные, лептонные и электромагнитные процессы в космических источниках излучений и в атмосфере Земли. Основные механизмы и примеры.
2. Стохастическое ускорение заряженных частиц. Ускорение ударными волнами.
3. Ядро  $^{10}\text{B}$  из возбужденного состояния с энергией 0.72 МэВ распадается путем испускания  $\gamma$ -квантов с периодом полураспада  $T_{1/2} = 6.7 \cdot 10^{-10}$  с. Оценить неопределенность в энергии  $\Delta E$  испущенного  $\gamma$ -кванта.

Заведующий отделением  
ядерной физики,

профессор



М.И.Панасюк