Утверждено
решением Ученого Совета
физического факультета МГУ
от _____
Декан физического факультета МГУ
профессор Н. Н. Сысоев

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова
Магистерская программа «**Физика Земли**»

Билет №1

1. Понятие породы-коллектора. Фильтационно-емкостные свойства породы-коллектора. Типы пористости. Закон Дарси. Фазовая проницаемость (на примере двухфазной системы «вода-нефть»).
2. Прочность идеальных кристаллов и реальных материалов. Трещина Гриффитса.
3. С какой точностью надо измерить длину маятника, чтобы оценить ускорение силы тяжести с точностью в 1 мГал?

Билет №2

1. Математическая модель двухфазного фильтрационного течения. Уравнение Бакли-Леверетта и свойства его решений. Функция Бакли-Леверетта и ее физический смысл.
2. Физические основы и геофизические приложения палеомагнетизма.
3. Оценить вариации объемной деформации, вызванные продольными и поперечными сейсмическими волнами. Принять: плотность $\rho = 3.3$ г/см^3; коэффициент Пуассона $\nu = 0.25$; скорость продольной волны c_p = 6 км/с; амплитуда волн $u_0 = 10^{-6}$ м; частота колебания 1 Гц.

Билет №3

1. Сейсмическая томография: принципы, методы, результаты.
2. Строение магнитосферы Земли. Влияние солнечного ветра и межпланетного магнитного поля на динамику магнитосферы Земли.
3. Определить эффективную температуру остывания Земли. Принять для расчета: мощность потерь тепла (за счет теплового потока) 2.4×10^{20}кал/год, время остывания $4.6 \cdot 10^9$ лет, масса мантии $4 \cdot 10^{27}$ г, масса ядра Земли $2 \cdot 10^{27}$ г, теплоёмкость силикатов 0.3 кал/(г·град), теплоёмкость железа 0,1 кал/(г·град).

Билет №4

1. Основные статистические закономерности сейсмического режима.
2. Теория описания геомагнитного поля Гаусса. Международное эталонное геомагнитное поле. (IGRF). Вековые вариации.
3. Оцените гравитационную аномалию силы тяжести (в мГал), создаваемую бесконечным плоскопараллельным слоем толщиной 100 м и плотностью 2.67 г/см^3 (гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг с}^2}$).

Билет №5

1. Стратегия прогноза землетрясений. Принципиальные трудности прогноза.
2. Природа вязкости кристаллических тел.
3. Найти величину пластового давления на расстоянии R=200 м от забоя добывающей скважины, дающей дебит 10 м^3/сут добываемого флюида вязкостью 15 сПз. Флюид считать несжимаемым. Мощность продуктивного пласта 10 м, проницаемость 30 мД, радиус скважины по долоту 0.10 м. Давление на забое добывающей скважины – 150 атм. Примечание: считать, что ln(2000)=7.6.

Билет №6

1. Энергетические, геометрические и динамические (сброшенные напряжения) характеристики очага землетрясения.
2. Проблемы интерпретации аномального магнитного поля над континентами и океанами и глобальная тектоника.
3. Оценить максимальные касательные напряжения, создаваемые продольными сейсмическими волнами. Принять: плотность $\rho = 3.3$ г/см^3; коэффициент Пуассона $\nu = 0.25$; скорость волны c_p = 6 км/с; амплитуда волны $u_0 = 10^{-6}$ м; частота колебания 1 Гц.

Билет №7

1. Конвекция в мантии Земли.
2. Проблема генерации главного геомагнитного поля. Теория магнитогидродинамо.
3. Оценить максимальные нормальные напряжения, создаваемые поперечными сейсмическими волнами. Принять: плотность $\rho = 3.3$ г/см^3; коэффициент Пуассона $\nu = 0.25$; скорость продольной волны c_p = 6 км/с; амплитуда волны $u_0 = 10^{-6}$ м; частота колебания 1 Гц.

Билет №8

1. Фигура Земли. Геоид и сфероид. Проблема определения высоты геоида.
2. Как изменяется возраст, толщина и намагниченность пород океанической литосферы по мере удаления от осей срединно-океанических хребтов? Объяснить причины изменений.
3. Оценить магнитуду землетрясения, если амплитуда продольной волны на расстоянии R=10000 км от источника равна $u_0 = 10^{-6}$ м на частоте 1 Гц. Поглощением волн и искривлением сейсмического луча пренебречь. Принять: плотность $\rho = 3.3$ г/см^3; скорость продольной волны c_p = 6 км/с. Использовать соотношение $m_b = 0.42 \lg E$(Дж) + 0.5. Как изменится результат, если учесть поглощение волн в Земле?

Билет №9

1. Принципы, положенные в основу измерений с помощью Глобальных навигационных спутниковых систем (GPS, Глонасс): определение расстояния до спутника; спутниковая трилатерация; точная временная привязка и для чего требуется 4-й космический аппарат.
2. Уравнение Вильямсона-Адамса. Где оно не выполняется? Сейсмический параметр. Основные оболочки и границы раздела в моделях Земли.
3. Рассчитать координаты геомагнитных полюсов и магнитный момент Земли, если известны коэффициенты Гаусса в модели IGRF12.

Билет №10

1. Тепловой поток: средние значения теплового потока на поверхности Земли для различных тектонических структур. Распределение температуры в Земле.
2. Кинетическая концепция прочности. Формула Журкова.
3. Чему равно расстояние до границы магнитосферы с солнечной стороны, если концентрация протонов в плазме солнечного ветра n=15 см$^{-3}$, скорость протонов v=500 км/с, магнитное поле на поверхности Земли на экваторе B=30 мкТл.

Билет №11

1. Изостазия. Аномалии в редукциях Файя и Буге. Причины нарушения изостазии.
2. Затухание сейсмических волн в неупругих средах: модели, принцип расчета.
3. Чему равно значение магнитного поля на границе магнитосферы со стороны Земли по линии Земля-Солнце, если расстояние до границы $R_o = 10R_{Земли}$? Магнитное поле на экваторе равно 30 мкТл.

Билет №12

1. Магнитные минералы горных пород, их структура и свойства.
2. Формула нормального потенциала силы тяжести. Понятие гравитационной аномалии. Причины и типы гравитационных аномалий. Чем отличаются аномалии Буге от аномалий Фая?
3. Рассматривается процесс вытеснения нефти водой из квазиодномерного образца породы-коллектора. Относительные фазовые проницаемости в системе «вода—нефть» выглядят следующим образом: $f^{\text{water}}(s) = 0.4\left(\frac{s-0.1}{0.7}\right)^2$, $f^{\text{oil}}(s) = \left(\frac{0.8-s}{0.7}\right)^2$, где s – насыщенность порового пространства водой, $0.1 \le s \le 0.8$. Какая доля исходно содержащейся в образце нефти будет вытеснена из образца, когда процесс заводнения доведет насыщение образца водой до максимального значения? Начальная насыщенность образца нефтью составляет 0.6.

Билет №13

1. Природа солнечно-суточных геомагнитных вариаций.
2. Предвестники землетрясений: типы, виды, закономерности.
3. Рассчитать величину задержки отражённого электромагнитного импульса в слое при высокочастотной электроразведке георадаром на поверхности с расстоянием источник-приёмник 30 см и частотой радиосигнала 50 МГц, если глубина залегания нижнего слоя 2 м. Для верхнего слоя принять: относительная диэлектрическая проницаемость 30; относительная магнитная проницаемость 1; удельное сопротивление 10^4 Ом·м. Примечание: электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; магнитная постоянная $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м; скорость света 299792458 м/с).

Билет №14

1. Модели подготовки землетрясений: дилатантно-диффузная и лавинно-неустойчивого трещинообразования.
2. Методы электроразведки: принципы, глубинность, измеряемые свойства пород.
3. Рассчитать спонтанную намагниченность магнетита в модели со структурой обращенной шпинели. Постоянная элементарной ячейки a=0.8396 нм. Спиновый магнитный момент электрона равен магнетону Бора $\mu_Б = 927.4 \cdot 10^{-26}$ Дж·Тл$^{-1}$.

Билет №15

1. Спутниковая радарная интерферометрия: принципы работы, области применения.
2. Сейсмические методы исследования строения Земли.
3. Рассчитать коэрцитивную силу ансамбля магнитоодноосных однодоменных частиц с константой анизотропии $K_1=10^4$ Дж/м^3, спонтанная намагниченность материала Is=500 кА/м.