

Утверждено решением Ученого
Совета филиала МГУ в г. Сарове от
__._.2023 г.
Директор филиала МГУ в г. Сарове
чл.-корр. РАН

В.В. Воеводин

Государственный экзамен по физике
филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Сарове
Магистерская программа «Теоретическая физика»

Общий список вопросов к ГЭ.

Теория групп:

1. Определение группы. Отображения групп, ядро и образ гомоморфизма. Подгруппы.
2. Группа $SU(2)$. Параметризация углами Эйлера. Связь с группой пространственных вращений.
3. Алгебра Ли группы $SU(2)$. Матрицы Паули, их коммутаторы и антикоммутаторы. Операторы проекции спина.
4. Группа Лоренца и группа $SL(2, C)$. Фундаментальные спинорные представления группы Лоренца.

ОТО

5. Уравнения Эйнштейна, вывод из принципа наименьшего действия, тождества Бианки, уравнения связей.
6. Принцип эквивалентности и уравнения электродинамики в гравитационном поле.
7. Уравнения Киллинга и законы сохранения в механике и теории поля в искривленном пространстве-времени.
8. Гравитационные волны в линеаризованной гравитации
9. Однородные и изотропные космологические модели. Уравнение Фридмана.

КХД:

10. Принцип калибровочной инвариантности в КХД.
11. Экспериментальные подтверждения КХД.
12. Основные отличия КХД от КЭД.
13. Группы изотопической симметрии $SU(2)$ и цветовой симметрии $SU(3)$.
14. Упругое рассеяние электронов на протоне и формфакторы адронов.

15. Глубоконеупругое рассеяние электронов на протоне и структурные функции.
16. Киральная симметрия КХД и ее нарушения. Кваковый и глюонный конденсат.
17. Расходящиеся однопетлевые диаграммы КХД. Перенормировка КХД в одной петле.

Фундаментальные взаимодействия.

18. Чем отличается поле Хиггса от поля бозона Хиггса?
19. Для описания массы электрона в квантовой электродинамике в лагранжиан вводится слагаемое вида $m_e \bar{\Psi}_e \Psi_e$, где m_e - дираковское спинорное поле электрона, m_e - масса электрона. Почему в Стандартной модели для описания массы электрона такой способ не допустим?
20. Как называется основной канал рождения бозона Хиггса на LHC? Какая диаграмма Феймана описывает этот канал рождения?
21. Чему равна сумма зарядов всех фермионов одного поколения в Стандартной модели?
22. Если к списку частиц Стандартной модели (СМ) добавить правое нейтрино, как такое нейтрино будет взаимодействовать с калибровочными бозонами СМ и почему?

КТП

23. На примере КЭД продемонстрировать к каким соотношениям приводит калибровочная инвариантность в квантовой теории поля. Как называются аналогичные соотношения в неабелевых калибровочных теориях?
24. Возможна ли ситуация, когда какая-либо симметрия сохраняется в классической теории поля, но не сохраняется в КТП? Если такое возможно, то объясните это с помощью формализма континуального интеграла. Проиллюстрируйте свои рассуждения на примере лагранжиана, содержащего фермионные поля и инвариантного относительно аксиальных преобразований: $\psi \rightarrow \psi' = e^{i\alpha\gamma_5}\psi$
25. Почему в КЭД для диаграммы с четырьмя внешними фотонными линиями (рассеяние света на свете) не нужен отдельный контрчлен в лагранжиане? Почему это не нужно делать для диаграмм с тремя и одной внешними фотонными линиями?

Физическая кинетика:

26. Уравнение Ланжевена.
27. Брауновское движение
28. Кинетические функции. Основные понятия и соотношения.

29. Кинетическое уравнение с интегралом столкновений в форме релаксационного члена.
30. Цепочка кинетических уравнений Боголюбова. Основные понятия.
31. Кинетическое уравнение Власова.
32. Кинетическое уравнение Больцмана
33. H-теорема Больцмана. Основные выводы и следствия.
34. Линеаризованное уравнение Больцмана.
35. Уравнения Эйлера как следствие уравнения Больцмана при переходе к гидродинамическому «огрублению».

Гидродинамика, ударные и детонационные волны (часть 1)

36. Число Рейнольдса. Особенности гидродинамического описания системы при малых и больших числах Рейнольдса.
37. Соотношения Ренкина-Гюгонио на ударном скачке. Прямая Михельсона-Рэлея.
38. Второе начало термодинамики и адиабаты Пуассона и Гюгонио.
39. Проблемы гидродинамического описания турбулентных потоков. Эмпирические модели с использованием турбулентной вязкости (смысл моделей без конкретизации уравнений).

Теоретическая космология

40. Опишите современную Вселенную с точки зрения однородности, изотропии и пространственной плоскостности, характера расширения, времени жизни и размера наблюдаемой части Вселенной, а также состава заполняющего ее вещества. Перечислите основные этапы эволюции Вселенной на горячей стадии.
41. Дайте определение метрике Фридмана-Леметра-Робертсона-Уокера для расширяющейся однородной изотропной Вселенной. Дайте определение масштабному фактору и параметру Хаббла. Сформулируйте закон Хаббла в терминах красного смещения. Как ведут себя координатные и физические импульсы свободных частиц в расширяющейся Вселенной?
42. Запишите уравнения Фридмана, сформулируйте закон ковариантного сохранения тензора энергии-импульса идеальной жидкости в расширяющейся Вселенной, и запишите уравнение состояния этой жидкости. Приведите примеры решений системы уравнений Фридмана для случая однокомпонентной Вселенной (нерелятивистское вещество, ультрарелятивистское вещество, вакуум) и опишите динамику Вселенной в каждом из этих случаев. Дайте определение космологического горизонта и горизонта событий.