

ПРОГРАММА
ГОСУДАРСТВЕННОГО КВАЛИФИКАЦИОННОГО ЭКЗАМЕНА
ПО ФИЗИКЕ
(январь 2023)

1. Законы Ньютона. Движение тел в инерциальных и неинерциальных системах отсчета.
2. Принцип относительности Галилея и принцип относительности Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Инвариантность интервала.
3. Законы сохранения энергии и импульса в классической механике. Упругие и неупругие столкновения.
4. Импульс и энергия релятивистской частицы. Уравнение движения релятивистской частицы под действием внешней силы.
5. Механические колебания. Колебания твёрдых тел в поле тяжести. Затухающие и вынужденные колебания. Добротность колебательных систем.
6. Закон всемирного тяготения и законы Кеплера. Движение тел в поле тяготения.
7. Закон сохранения момента импульса. Уравнение моментов. Вращательное движение твердых тел. Гироскопы.
8. Течение идеальной жидкости. Уравнение непрерывности. Уравнение Бернулли. Вязкость. Течение вязкой жидкости по трубе (формула Пуазейля). Число Рейнольдса, его физический смысл.
9. Упругие деформации. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Энергия упругой деформации.
10. Уравнение состояния идеального газа, его объяснение на основе молекулярно-кинетической теории. Уравнение неидеального газа Ван-дер-Ваальса.
11. Квазистатические процессы. Первое начало термодинамики. Количество теплоты и работа. Внутренняя энергия. Энтальпия.
12. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Энтропия и закон ее возрастания. Энтропия идеального газа. Статистический смысл энтропии.
13. Термодинамические потенциалы. Условия равновесия термодинамических систем. Максимальная работа термодинамической системы.
14. Распределения Максвелла и Больцмана.
15. Теплоемкость. Распределение энергии по степеням свободы. Зависимость теплоемкости газов от температуры.
16. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграммы состояний.
17. Явления переноса: диффузия, теплопроводность, вязкость. Коэффициенты переноса в газах. Уравнения диффузии и теплопроводности.
18. Диффузия и случайные блуждания. Закон Эйнштейна-Смолуховского. Броуновское движение. Связь диффузии и подвижности (соотношение Эйнштейна).
19. Флуктуации в термодинамических системах.
20. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа. Свободная энергия и внутренняя энергия поверхности.
21. Закон Кулона. Теорема Гаусса в дифференциальной и интегральной формах. Потенциальность электростатического поля. Уравнения Пуассона и Лапласа.
22. Электростатическое поле в веществе. Вектор поляризации, электрическая индукция. Граничные условия.
23. Магнитное поле постоянных токов в вакууме. Основные уравнения магнитостатики в вакууме. Закон Био-Савара. Сила Лоренца и сила Ампера.
24. Магнитное поле в веществе. Основные уравнения магнитостатики в веществе. Граничные условия.
25. Закон Ома в дифференциальной форме. Закон Ома для электрической цепи. Квазистационарные токи. Правила Кирхгофа. Переходные процессы в электрических цепях.
26. Электромагнитная индукция в движущихся и неподвижных проводниках. ЭДС индукции. Само- и взаимоиנדукция. Теорема взаимности.
27. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Ток смещения. Материальные уравнения.
28. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Импульс электромагнитного поля.

29. Свободные и вынужденные колебания в электрических цепях. Резонанс в колебательном контуре. Добротность колебательного контура, ее энергетический смысл.
30. Спектральное разложение электрических сигналов. Спектры колебаний, модулированных по амплитуде и фазе. Соотношение неопределённостей для спектров.
31. Электрические флуктуации. Дробовой и тепловой шум. Предел чувствительности электроизмерительных приборов.
32. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Уравнение Гельмгольца.
33. Электромагнитные волны в волноводах и резонаторах. Критическая частота прямоугольного волновода. Собственные частоты прямоугольного резонатора.
34. Плазма. Дебаевский радиус. Плазменная частота. Диэлектрическая проницаемость плазмы.
35. Интерференция волн. Временная и пространственная когерентность. Соотношение неопределенностей для функций когерентности.
36. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Границы применимости геометрической оптики.
37. Основные характеристики спектральных приборов. Простейшие спектральные приборы: призма, дифракционная решетка, интерферометр Фабри-Перо.
38. Дифракционный предел разрешения оптических и спектральных приборов. Критерий Рэлея.
39. Пространственное фурье-преобразование в оптике. Дифракция на синусоидальных решетках. Теория Аббе формирования изображения.
40. Принципы голографии. Голограмма Габора. Голограмма с наклонным опорным пучком. Объемные голограммы.
41. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорости. Формула Рэлея. Классическая теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсии.
42. Поляризация света. Угол Брюстера. Оптические явления в одноосных кристаллах.
43. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга-Вульфа. Показатель преломления вещества для рентгеновских лучей.
44. Квантовая природа света. Внешний фотоэффект. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона.
45. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсная заселенность уровней. Принцип работы лазера.
46. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка, законы Вина и Стефана-Больцмана.
47. Волны де Бройля. Опыты Дэвиссона-Джермера и Томсона по дифракции электронов.
48. Волновая функция, её вероятностная интерпретация. Операторы координаты и импульса. Средние значения операторов физических величин. Соотношение неопределенности для координаты и импульса. Уравнение Шредингера.
49. Атом водорода и водородоподобные атомы. Уровни энергии и кратность их вырождения. Спектр излучения атома водорода.
50. Квантование момента импульса в квантовой физике. Спин электрона. Орбитальный и спиновый магнитные моменты электрона. Опыты Штерна и Герлаха.
51. Тожественность частиц. Симметрия волновой функции относительно перестановки частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Электронная структура атомов. Таблица Менделеева.
52. Тонкая и сверхтонкая структуры оптических спектров. Правила отбора при поглощении и испускании фотонов атомами.
53. Атом во внешнем магнитном поле. Простой и сложный эффект Зеемана.
54. Атом во внешнем магнитном поле. Электронный и ядерный магнитные резонансы.
55. Закон радиоактивного распада. Период полураспада и время жизни. Виды ядерных распадов.
56. Туннелирование частиц сквозь потенциальный барьер. Альфа-распад. Закон Гейгера-Нэттола и его объяснение.
57. Виды бета-распадов. Объяснение непрерывности энергетического спектра электронов распада. Нейтрино.
58. Ядерные реакции. Составное ядро. Сечение нерезонансных реакций. Закон Бете.
59. Резонансные ядерные реакции, формула Брейта-Вигнера. Упругий и неупругие каналы реакции.
60. Деление ядер под действием нейтронов. Принцип работы ядерного реактора на тепловых нейтронах.
61. Соотношение неопределенностей для энергии и времени. Оценка времени жизни виртуальных частиц, радиусов сильного и слабого взаимодействий.

62. Фундаментальные взаимодействия и фундаментальные частицы (лептоны, кварки и переносчики взаимодействий). Кварковая структура адронов.

Заведующий кафедрой
общей физики МФТИ, профессор



А.В. Максимычев