

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

ПЛАН
ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛА
«МЕХАНИКА»
КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Москва – 2024

ПЛАН ЛЕКЦИЙ

Лекторы: доц. А. А. Якута (1-й поток), проф. О. Г. Косарева (2-й поток), проф. А. Л. Клавсюк (3-й поток).

Лекция 1

Предмет механики. Пространство и время в механике Ньютона. Тело отсчета и система координат. Часы. Синхронизация часов. Система отсчета. Кинематика точки. Способы описания движения. Закон движения.

Лекция 2

Прямолинейное и криволинейное движение точки. Движение точки по окружности. Скорость, угловая скорость, ускорение, угловое ускорение. Уравнение кинематической связи. Инерциальные системы отсчета. Преобразования Галилея.

Лекция 3

Понятия массы, импульса и силы в механике Ньютона. Законы Ньютона. Уравнение движения. Начальные условия. Законы, описывающие индивидуальные свойства сил. Закон всемирного тяготения. Закон Гука. Законы для сил сухого и вязкого трения. Явление застоя. Явление заноса.

Лекция 4

Тело как система материальных точек. Число степеней свободы системы. Изолированная и замкнутая системы тел. Законы изменения и сохранения импульса. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.

Лекция 5

Работа силы. Консервативные силы. Кинетическая и потенциальная энергия системы материальных точек. Связь консервативных сил с потенциальной энергией.

Лекция 6

Законы изменения и сохранения механической энергии. Соударения тел. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары. Законы сохранения при соударениях тел.

Лекция 7

Неинерциальные системы отсчета. Движение материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета. Абсолютное, относительное, переносное и кориолисово ускорение.

Лекция 8

Силы инерции. Переносная и кориолисова силы инерции. Центробежная сила инерции. Примеры проявления сил инерции на Земле. Законы сохранения в неинерциальных системах отсчета. Принцип эквивалентности Эйнштейна.

Лекция 9

Пространство и время в релятивистской механике. Два постулата Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Скорость света как максимальная скорость распространения сигналов.

Лекция 10

Следствия преобразований Лоренца. Относительность одновременности. Замедление темпа хода движущихся часов. Сокращение длины движущихся отрезков. Инварианты преобразований Лоренца. Некоторые «парадоксы» теории относительности. Событие. Интервал между событиями. Инвариантность интервала. Светоподобные, времениподобные и пространственноподобные интервалы. Причинно-следственная связь между событиями.

Лекция 11

Релятивистское правило сложения скоростей. Релятивистская динамика. Импульс, энергия, масса и сила в релятивистской механике. Уравнение движения в релятивистской динамике. Понятие о сопутствующей системе отсчета.

Лекция 12

Кинематика твердого тела. Поступательное, вращательное и плоское движение твердого тела. Мгновенная ось вращения. Сложение угловых скоростей. Движение твердого тела с одной закрепленной точкой. Теорема Эйлера. Свободное движение твердого тела.

Лекция 13

Динамика твердого тела. Момент силы. Момент импульса материальной точки и системы материальных точек. Осевой момент инерции. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса для материальной точки и системы материальных точек.

Лекция 14

Тензор инерции. Главные и центральные оси вращения. Осевые и центробежные моменты инерции. Силы, действующие на вращающееся твердое тело. Свободные оси вращения.

Лекция 15

Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Свойства осевого момента инерции. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Динамика плоского движения. Уравнение движения и уравнение моментов при плоском движении. Кинетическая энергия твердого тела. Теорема Кёнига.

Лекция 16

Движение твердого тела с закрепленной точкой. Гироскопы. Свободная и вынужденная прецессия гироскопа. Угловая скорость вынужденной прецессии. Уравнение гироскопа.

Лекция 17

Гироскопические силы. Волчки. Качественное объяснение движения волчков. Свободное движение твердого тела.

Лекция 18

Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Гармонические колебания. Амплитуда, частота и период колебаний. Фаза и начальная фаза. Сложение гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу. Биения.

Лекция 19

Затухающие колебания. Аперидический (закритический), критический и периодический режимы колебаний. Коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания. Время релаксации. Добротность колебательной системы.

Лекция 20

Вынужденные колебания. Процесс установления колебаний. Резонанс смещений, скоростей, ускорений. Амплитудно-частотная резонансная характеристика (АЧХ).

Лекция 21

Фазово-частотная резонансная характеристика (ФЧХ). Соотношение между силами при резонансе (на примере пружинного маятника). Добротность и ее определение по АЧХ и ФЧХ. Параметрическое возбуждение колебаний (на примере математического маятника). Автоколебания. Основные элементы автоколебательной системы. Релаксационные колебания. Понятие о нелинейных колебаниях.

Лекция 22

Свободные колебания систем с двумя степенями свободы. Парциальные колебания и парциальные частоты. Нормальные колебания (моды) и нормальные частоты. Синхронная и асинхронная моды колебаний и их частоты на примере двух математических маятников, соединенных упругой пружиной. Произвольное колебание системы как суперпозиция мод.

Лекция 23.

Основы механики деформируемых сред. Упругая и остаточная деформация. Типы деформаций. Деформации растяжения, сжатия, сдвига, кручения, изгиба. Количественные характеристики деформаций. Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Модуль сдвига. Связь между модулем Юнга и модулем сдвига. Энергия упругих деформаций.

Лекция 24

Распространение импульса в среде. Волна. Бегущие волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Скорость волны и скорости «частиц». Плоская гармоническая бегущая волна. Волны смещений, скоростей, деформаций, напряжений.

Лекция 25

Волновое уравнение. Решение волнового уравнения. Волны на струне, в стержне, газе и жидкости. Связь скорости волны со свойствами среды. Поток энергии в бегущей волне. Вектор Умова.

Лекция 26

Отражение и прохождение волны на границе раздела двух сред. Основные случаи граничных условий. «Потеря» половины длины волны. Стоячие волны. Распределение амплитуд смещений, скоростей и ускорений «частиц» в стоячей волне. Узлы и пучности. Энергия стоячей волны.

Лекция 27

Нормальные колебания стержня, струны, столба газа. Нормальные частоты для различных случаев граничных условий. Акустические резонаторы.

Лекция 28

Элементы акустики. Звук и его характеристики. Громкость звука. Тембр звука. Эффект Доплера. Бинауральный эффект. Ударные волны. Движение со сверхзвуковой скоростью. Конус Маха. Число Маха.

Лекция 29

Основы гидро- и аэростатики. Закон Паскаля. Основное уравнение гидростатики. Сжимаемость жидкостей и газов. Коэффициент всестороннего сжатия. Распределение давления в покоящейся жидкости (газе) в поле сил тяжести. Барометрическая формула. Закон Архимеда. Условия устойчивого плавания тел.

Лекция 30

Стационарное течение жидкости (газа). Линии тока. Трубки тока. Идеальная жидкость. Течение идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Условие применимости уравнения Бернулли. Вязкость. Сила вязкого трения. Течение вязкой жидкости по трубе. Формула Пуазейля.

Лекция 31

Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Лобовое сопротивление при обтекании тел. Тело в потоке идеальной жидкости. Парадокс Даламбера. Тело в потоке вязкой жидкости. Пограничный слой. Циркуляция. Подъемная сила. Формула Жуковского. Эффект Магнуса.

Лекция 32

Резервная.

ПЛАН СЕМИНАРОВ

Семинар 1-3.

Кинематика материальной точки и простейших систем.

Семинар 4-6.

Динамика материальной точки и простейших систем.

Семинар 7-8.

Закон сохранения импульса. Теорема о движении центра масс.

Семинар 9.

Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.

Семинар 10-11.

Работа силы. Кинетическая и потенциальная энергия точки. Теорема о кинетической энергии. Законы изменения и сохранения механической энергии.

Семинар 12.

Упругие и неупругие столкновения тел.

Семинар 13.

Контрольная работа № 1 на темы семинаров 1-12.

Семинар 14-16.

Движение материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета. Силы инерции.

Семинар 17-19.

Кинематика материальной точки в релятивистской механике. Преобразования Лоренца и их следствия. Сложение скоростей. Релятивистский эффект Доплера.

Семинар 20-21.

Релятивистские интервалы. Инвариантность интервалов. Динамика материальной точки в релятивистской механике. Движение с постоянным ускорением в сопутствующей системе отсчета. Импульс, полная энергия, кинетическая энергия, энергия покоя системы материальных точек.

Семинар 22.

Контрольная работа № 2 на темы семинаров 14-21.

Семинар 23.

Кинематика твердого тела.

Семинар 24-26.

Динамика поступательного и вращательного движения твердого тела. Компоненты тензора инерции. Момент инерции твердого тела относительно оси. Динамика плоского движения твердого тела.

Семинар 27-28.

Закон сохранения момента импульса. Гироскопы. Прецессия гироскопов. Гироскопические силы.

Семинар 29.

Контрольная работа №3 на темы семинаров 23-28.

Семинар 30-32.

Свободные и затухающие колебания систем с одной степенью свободы.

Семинар 33-34.

Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы. Резонанс.

Семинар 35.

Колебания систем с несколькими степенями свободы. Моды колебаний.

Семинар 36.

Бегущие волны смещений, скоростей, ускорений, деформаций и напряжений. Поток энергии в бегущей волне. Вектор Умова.

Семинар 37.

Граничные условия. Отражение и прохождение волн. Стоячие волны. Моды и нормальные частоты.

Семинар 38.

Элементы акустики. Интенсивность звуковых волн. Смещение, скорость и ускорение частиц среды и давление в звуковых волнах. Эффект Доплера.

Семинар 39-40.

Механика сплошных сред. Деформации. Энергия упругих деформаций.

Семинар 41-43.

Статика и динамика жидкостей и газов.

Семинар 44.

Контрольная работа №4 на темы семинаров 30-43.

Семинар 45.

Резервный.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешкевич В. А., Деденко Л. Г., Караваев В. А. Механика (Университетский курс общей физики). – М.: АСАДЕМІА, 2004. – 480 с. (М.: Физматлит, 2011. – 480 с.)
2. Матвеев А. Н. Механика и теория относительности. – М.: Изд. дом «ОНИКС 21 век», 2003. – 432 с.
3. Хайкин С. Э. Физические основы механики. – С.-Пб.: Лань, 2008.
4. Стрелков С. П. Механика. – С.-Пб.: Лань, 2005. – 560 с.
5. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т.1. Механика. – С.-Пб.: Лань, 2006. – 560 с.
6. Бушина Т.А., Никанорова Е. А., Русаков В. С., Слепков А. И., Чистякова Н. И. Механика. Механика. Сборник задач. / Учебное пособие – М.: Физический факультет МГУ, 2019. – 372 с.
7. Бушина Т.А., Никанорова Е. А., Русаков В. С., Слепков А. И., Чистякова Н. И. Механика. Методика решения задач – М.: Физический факультет МГУ, 2017. – 720 с.
8. Сборник задач по общему курсу физики. Механика. Под. ред. И. А. Яковлева. – С.-Пб.: Лань, 2006. – 240 с.
9. Иродов И. Е. Задачи по общей физике. – С.-Пб.: Лань, 2006. – 416 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Фейнман и др. Фейнмановские лекции по физике. Т. 1, 2. – М.: Либроком, 2009. – 440 с.
2. Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман. Механика. – С.-Пб.: Лань, 2005. – 480 с.