



**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Факультет физики

**Рабочая программа дисциплины
Лабораторный практикум по механике**

для образовательной программы «Физика»
направления подготовки 03.03.02 Физика
уровень высшего образования – бакалавриат

Разработчик(и) программы
С.Х. Джанибекова, к.ф.-м.н., sdzhanibekova@hse.ru

Утверждена Координационным советом факультета физики
г., № протокола _____

Академический руководитель

Москва, 2018

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета
и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*



1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к образовательным результатам и результатам обучения студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления 03.03.02 «Физика» подготовки бакалавров.

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ 03.03.02 «Физика» по подготовке бакалавров;
- Учебным планом университета по образовательной программе 03.03.02 «Физика» подготовки бакалавров, утвержденным в 2018 г.

2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Лабораторный практикум по механике» являются:

- формирование у студентов профессиональных компетенций, связанных с использованием современных концепций в области механики;
- развитие умений, основанных на полученных практических знаниях, позволяющих в ходе научных исследований формулировать
- позволяющих на творческом уровне создавать и применять физические модели для решения исследования свойств механических объектов;
- получение студентами навыков самостоятельной работы, предполагающей изучение специфических алгоритмов, инструментов и средств, необходимых для решения задач по механике;

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Код по ФГОС/ НИУ | Компетенция | Дескрипторы- показатели достижения компетенций | Способы формирования |
|------------------|---|---|--|
| УК-5 | Способен работать с информацией: находить, оценивать и использовать информацию из различных источников, необходимую для решения научных и профессиональных задач (в том числе на основе системного подхода) | СД/МЦ – способен самостоятельно определять способы проведения исследований на заданную по практикуму тему на основе изучения различных литературных источников. | Домашние работы по изучению исследуемых моделей и методы проведения экспериментальных исследований, практические занятия |
| УК-6 | Способен вести исследовательскую деятельность, включая анализ проблем, постановку целей и задач, выделение объекта и предмета исследования, выбор способа и методов исследования, а также оценку его качества | СД/МЦ – способен самостоятельно проводить исследование по поставленной задаче по механике. | Практические занятия. |



| | | | |
|-------|--|--|---|
| УК-7 | Способен работать в команде | СД/МЦ – студенты для проведения объемных исследований объединяются в команды для проведения исследований совместно. | Практические занятия. |
| УК-8 | Способен грамотно строить коммуникацию, исходя из целей и ситуации общения | СД – при объединении для проведения объемных исследований студенты способны самостоятельно распределять роли и обязанности внутри команды | Практические занятия. |
| ОПК-1 | Способен планировать и проводить научные эксперименты и/или теоретические (аналитические и имитационные) исследования в избранной предметной области; | РД/СД – знает и применяет методы исследования, а также методы обработки результатов экспериментальных данных полученных, на практических занятиях. | Практические занятия. Домашние работы по обработке данных полученных на практических занятиях |
| ОПК-2 | Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области | СД/МЦ – способен самостоятельно подбирать инструментарий и оборудование в зависимости поставленных задач по механике. | Практические занятия. |
| ОПК-8 | Способен к социальному взаимодействию, к сотрудничеству и разрешению конфликтов. | РБ/СД – способен выполнять объемные исследования в команде . | Практические занятия. |
| ПК-4 | Способен передавать и использовать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области. | СД/МЦ – подготовленные в рамках проведенного анализа результатов практических занятий может оформить в виде короткого доклада с оценкой адекватности применяемых методов | Текущий контроль по результатам практических занятий. |
| ПК-5 | Способен проводить методические и экспертные работы в области физики, математики и информатики. | СД/МЦ - на основе полученных знаний способен самостоятельно ставить задачи и проводить по экспериментальных исследования в области механики. | Практические занятия. |
| ПК-9 | Способен планировать и осуществлять педагогическую деятельность в | СД/МЦ – обладает культурой общения с сотрудниками, обеспечивающими работу инфраструктуры и руко- | Практические занятия. Домашние работы по обработке данных полученных |



| | | | |
|-------|--|--|--|
| | образовательных организациях с учетом специфики предметной области (физика, математика, информатика). | водство | на практических занятиях |
| ПК-11 | Способен гибко адаптироваться к различным профессиональным ситуациям, проявлять творческий подход, инициативу и настойчивость в достижении целей профессиональной деятельности и личных. | СД/МЦ - знаком с современным состоянием дел в области механики и имеет представление об актуальности тех или иных тематических работах - в состоянии определиться с выбором своих научных изысканий. | Домашние работы по изучению исследуемых моделей и методы проведения экспериментальных исследований, практические занятия |

4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к базовой части профессионального цикла дисциплин студентов, обучающихся на по направлению 03.03.02 «Физика» подготовки бакалавров. В соответствии с рабочим учебным планом по направлению «Физика» дисциплина «Лабораторный практикум по механике» читается студентам второго года обучения в бакалавриате в 2 модуле.

Трудоемкость курса – 4 з.е.

Общее количество часов – 152

Количество аудиторных часов 64, в том числе: 64 часа практических занятий.
 во часов самостоятельной работы – 88.

Контроль: текущий контроль в течение всего 2-го модуля, прием экзамена в устной форме после 2-го модуля

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при освоении учебных дисциплин:

- Математический анализ
- Механика

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении дисциплин:

- Аналитическая механика
- Квантовая механика
- Физика сплошных сред

5 Тематический план учебной дисциплины

| № | Название раздела | Всего часов | Аудиторные часы | | Самостоятельная работа |
|---|---|-------------|-----------------|----------|------------------------|
| | | | Лекции | Семинары | |
| | Предмет физики. Основные понятия. | | | | |
| | Кинематика и динамика материальной точки | | | | |
| | Кинематика и динамика абсолютно твердого тела | | | | |



| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | Основные понятия механики сплошной среды | | | | |
| | Колебательные движения | | | | |
| | Итого: | | | | |

Формы контроля знаний студентов:

| Тип контроля | Форма контроля | модули | | Параметры |
|---|----------------|--------|--------|-----------------------|
| | | | | |
| Промежуточный (завершающий по дисциплине) | Экзамен | | неделя | Устный экзамен 60 мин |

6 Критерии оценки знаний, навыков

Текущий контроль по дисциплине проходит в форме защиты домашнего задания, выполненного в форме отчета по результатам 5 практических работ, а также представлении одной из работ в форме презентации

Критерии оценки презентации:

1. Адекватная презентация результатов собственной работы.
2. Рефлексия, критическое осмысление текстов.
3. Формулирование комментариев четко, аргументированно и доступно, следуя логике дискуссии.
4. Соблюдение дедлайнов по каждому этапу.

О

ц

е

$$O_T = 0.9 * \frac{\sum_{n=1}^5 O_n}{5} + 0.1 * O_{\Pi},$$

где O_n – оценка выполнения и защиты n-ой работы по 10-ти балльной шкале, O_{Π} – оценка по 10-ти балльной шкале.

а

Промежуточный (завершающий по дисциплине) контроль: экзамен в конце 2-го модулей. проводятся в устной форме. Экзамен проводится в форме устной беседы по тематике дисциплины (30 мин.); в экзаменационном билете содержатся 2 устных вопроса. Задача отсутствует. Оценивается по 10-ти балльной шкале.

У

щ

Итоговая оценка по курсу «Лабораторный практикум по механике», проставляемая студенту по окончании курса в 2-м модуле.

б. Если оценка за текущий контроль O_T равна 6 или больше, студент может быть освобожден от устного экзамена и итоговая оценка определяется по формуле. $O_{\text{итоговая}} = O_T$, где O_T – оценка за текущий контроль.

к

2.

о

н

т

р

о

л

я

В случае сдачи экзамена итоговая оценка определяется по формуле $O_{\text{итоговая}} = 0,8 \cdot O_T + 0,2 \cdot O_э$, где O_T – оценка за текущий контроль. $O_э$ – оценка за устный экзамен.



7 Содержание дисциплины

Раздел 1. Предмет физики. Основные понятия

Предмет физики. Сочетание экспериментальных, теоретических (аналитических и численных) методов. Роль модельных представлений в физике. Физические величины, их измерение и оценка точности и достоверности полученных результатов. Системы единиц физических величин. Единицы измерений СИ и СГС, внесистемные единицы. Физические законы. Основные принципы анализа размерности.

Пространство и время в механике Ньютона. Преобразование Галилея и Лоренца. Инерциальные системы отсчета. Системы координат и их преобразования. Декартова и криволинейные системы координат (полярная, сферическая, системы координат). Инварианты преобразований систем координат. Скалярные, векторные и тензорные поля.

Литература:

Д.В.Сивухин, Курс общей физики в 5 томах. Том 1: Механика, Москва, «Наука», 1989. Главы 1, 9, Приложение.

Седов Л.И., Методы подобия и размерности в механике, Изд-во «Наука», 1981.

Раздел 2. Кинематика и динамика материальной точки

Способы описания движения. Закон движения. Линейные и угловые скорости и ускорения. Формулы для нормального, тангенциального и полного ускорений точки. Траектория движения, радиус кривизны траектории. Система материальных точек. Уравнения кинематической связи.

Понятия массы, импульса и силы в механике Ньютона. Законы Ньютона. Уравнение движения. Начальные условия. Законы, описывающие индивидуальные свойства сил (сила гравитационного притяжения, упругая сила, силы трения и сопротивления). Закон сохранения и изменения импульса материальной точки и системы материальных точек. Центр инерции системы частиц (центр масс). Теорема о движении центра масс. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.

Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия частицы. Понятие силового поля. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Потенциал поля. Закон сохранения энергии в механике.

Кинетическая и потенциальная энергия материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения механической энергии системы. Соударение тел. Анализ столкновения двух частиц для абсолютно упругого и неупругого ударов. Понятие внутренней энергии. Общефизический закон сохранения энергии.

Момент импульса и момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения движения тел в центральном поле. Законы Кеплера. Финитные и инфинитные движения. Границы финитного движения. Космические скорости. Связь параметров орбиты планеты с полной энергией и моментом импульса планеты. Теорема Гаусса для ньютоновской гравитации.

Движение материальной точки в неинерциальной системе отсчета. Преобразование ускорений в классической механике. Силы инерции. Переносная и кориолисова силы инерции. Центробежная сила инерции. Законы сохранения. Принцип эквивалентности.



Литература: *Д.В.Сивухин*, Курс общей физики в 5 томах. Том 1: Механика, Москва, «Наука», 1989. Главы 1, 2, 3, 4, 5, 7

Раздел 3. Кинематика и динамика абсолютно твердого тела

Степени свободы абсолютно твердого тела. Разложение движения на слагаемые. Углы Эйлера. Поступательное, вращательное и плоское движение твердого тела. Мгновенная ось вращения.

Момент силы. Момент импульса тела. Тензор инерции и его главные и центральные оси. Момент импульса относительно оси. Момент инерции. Теорема Гюйгенса. Уравнение движения и уравнение моментов. Динамика плоского движения твердого тела. Физический маятник. Кинетическая энергия твердого тела. Закон сохранения момента импульса тела. Движение тела с закрепленной точкой. Уравнение Эйлера. Гироскопы. Прецессия и нутация гироскопа. Гироскопические силы. Применения гироскопов.

Литература: *Д.В.Сивухин*, Курс общей физики в 5 томах. Том 1: Механика, Москва, «Наука», 1989. Глава 7

Раздел 4. Основные понятия механики сплошной среды

Гипотеза сплошности. Понятие о тензоре деформаций и тензоре скоростей деформаций. Кинематика движения элементарного объема сплошной среды. Закон сохранения массы и уравнение неразрывности. Тензор напряжений. Закон сохранения импульса и уравнение движения.

Закон сохранения энергии для сплошной среды. Понятие внутренней энергии.

О замыкании системы уравнений механики сплошных сред. Модели механики сплошных сред: идеальные жидкость и газ, линейно-упругие и линейно-вязкие среды.

Основы гидро- и аэростатики. Закон Паскаля. Сжимаемость жидкостей и газов. Основное уравнение гидростатики. Распределение давления в покоящейся жидкости (газе) в поле силы тяжести. Барометрическая формула. Закон Архимеда. Условия устойчивого плавания тел. Стационарное течение жидкости. Линии тока. Трубки тока. Уравнение Бернулли. Вязкость жидкости. Течение вязкой жидкости по трубе. Формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Лобовое сопротивление при обтекании тел. Парадокс Даламбера. Циркуляция. Подъемная сила. Формула Жуковского. Эффект Магнуса.

Основы механики деформируемых тел. Виды деформаций и их количественная характеристика. Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Энергия упругих деформаций.

Литература: *Д.В.Сивухин*, Курс общей физики в 5 томах. Том 1: Механика, Москва, «Наука», 1989. Главы 10, 12

Баранов В.Б., Гидроаэромеханика и газовая динамика, Издательство Московского университета,

Раздел 5. Колебательные движения.

Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Гармонические колебания. Сложение гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу. Биения. Затухающие колебания. Показатель



затухания. Логарифмический декремент затухания. Вынужденные колебания. Процесс установления колебаний. Резонанс. Параметрическое возбуждение колебаний. Автоколебания. Понятие о нелинейных колебаниях. Устойчивое и хаотическое движение. Аттрактор. Колебания систем с двумя степенями свободы. Нормальные колебания (моды) и нормальные частоты.

Распространение колебаний давления и плотности в среде. Волны. Длина волны, период колебаний, фаза и скорость волны. Бегущие волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Волны смещений, скоростей, деформаций и напряжений. Волновое уравнение. Волны на струне, в стержне, газах и жидкостях. Связь скорости волны с параметрами среды.

Отражение и преломление волн. Основные случаи граничных условий. Интерференция волн. Стоячие волны. Нормальные колебания стержня, струны, столба газа. Акустические резонаторы.

Поток энергии в бегущей волне. Вектор Умова. Элементы акустики. Интенсивность и тембр звука. Ультразвук. Движение со сверхзвуковой скоростью. Ударные волны. Эффект Доплера.

Литература: Д.В.Сивухин, Курс общей физики в 5 томах. Том 1: Механика, Москва, «Наука», 1989. Главы 6, 10

7.2. Содержание практических занятий

Раздел 1. Предмет физики. Основные понятия. Роль модельных представлений в физике. Физические величины, их измерение и оценка точности и достоверности полученных результатов. Системы единиц физических величин. Единицы измерений СИ и СГС, внесистемные единицы. Физические законы. Основные принципы анализа размерности. Пространство и время в механике Ньютона. Преобразование Галилея и Лоренца. Инерциальные системы отсчета. Системы координат и их преобразования. Декартова и криволинейные системы координат (полярная, сферическая, системы координат). Инварианты преобразований систем координат. Скалярные, векторные и тензорные поля.

Раздел 2. Кинематика и динамика материальной точки. Способы описания движения. Закон движения. Линейные и угловые скорости и ускорения. Формулы для нормального, тангенциального и полного ускорений точки. Траектория движения, радиус кривизны траектории. Система материальных точек. Уравнения кинематической связи. Законы Ньютона. Уравнение движения. Начальные условия. Законы, описывающие индивидуальные свойства сил (сила гравитационного притяжения, упругая сила, силы трения и сопротивления). Закон сохранения и изменения импульса материальной точки и системы материальных точек. Центр инерции системы частиц (центр масс). Теорема о движении центра масс. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского. Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия частицы. Понятие силового поля. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Потенциал поля. Закон сохранения энергии в механике. Кинетическая и потенциальная энергия материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения механической энергии системы. Соударение тел. Анализ столкновения двух частиц для абсолютно упругого и неупругого ударов. Понятие внутренней энергии. Общефизический закон сохранения энергии. Момент импульса и момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса. Движение тел в центральном поле. Законы Кеплера. Финитные и инфинитные движения. Границы финитного движения. Космические скорости. Связь параметров орбиты планеты с полной энергией и



моментом импульса планеты. Теорема Гаусса для ньютоновской гравитации. Движение материальной точки в неинерциальной системе отсчета. Преобразование ускорений в классической механике. Силы инерции. Переносная и кориолисова силы инерции. Центробежная сила инерции. Законы сохранения. Принцип эквивалентности.

Раздел 3. Кинематика и динамика абсолютно твердого тела. Степени свободы абсолютно твердого тела. Разложение движения на слагаемые. Углы Эйлера. Поступательное, вращательное и плоское движение твердого тела. Мгновенная ось вращения. Момент силы. Момент импульса тела. Тензор инерции и его главные и центральные оси. Момент импульса относительно оси. Момент инерции. Теорема Гюйгенса. Уравнение движения и уравнение моментов. Динамика плоского движения твердого тела. Физический маятник. Кинетическая энергия твердого тела. Закон сохранения момента импульса тела. Движение тела с закрепленной точкой. Уравнение Эйлера. Гироскопы. Прецессия и нутация гироскопа. Гироскопические силы. Применения гироскопов.

Раздел 4. Основные понятия механики сплошной среды. Гипотеза сплошности. Понятие о тензоре деформаций и тензоре скоростей деформаций. Кинематика движения элементарного объема сплошной среды. Закон сохранения массы и уравнение неразрывности. Тензор напряжений. Закон сохранения импульса и уравнение движения. Закон сохранения энергии для сплошной среды. Понятие внутренней энергии. О замыкании системы уравнений механики сплошных сред. Модели механики сплошных сред: идеальная жидкость и газ, линейно-упругие и линейно-вязкие среды.

Основы гидро- и аэростатики. Закон Паскаля. Сжимаемость жидкостей и газов. Основное уравнение гидростатики. Распределение давления в покоящейся жидкости (газе) в поле силы тяжести. Барометрическая формула. Закон Архимеда. Условия устойчивого плавания тел. Стационарное течение жидкости. Линии тока. Трубки тока. Уравнение Бернулли. Вязкость жидкости. Течение вязкой жидкости по трубе. Формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Лобовое сопротивление при обтекании тел. Парадокс Даламбера. Циркуляция. Подъемная сила. Формула Жуковского. Эффект Магнуса.

Основы механики деформируемых тел. Виды деформаций и их количественная характеристика. Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Энергия упругих деформаций.

Раздел 5. Колебательные движения. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Гармонические колебания. Сложение гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу. Биения. Затухающие колебания. Показатель затухания. Логарифмический декремент затухания. Вынужденные колебания. Процесс установления колебаний. Резонанс. Параметрическое возбуждение колебаний. Автоколебания. Понятие о нелинейных колебаниях. Устойчивое и хаотическое движение. Аттрактор. Колебания систем с двумя степенями свободы. Нормальные колебания (моды) и нормальные частоты. Распространение колебаний давления и плотности в среде. Волны. Длина волны, период колебаний, фаза и скорость волны. Бегущие волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Волны смещений, скоростей, деформаций и напряжений. Волновое уравнение. Волны на струне, в стержне, газах и жидкостях. Связь скорости волны с параметрами среды. Отражение и преломление волн. Основные случаи граничных условий. Интерференция волн. Стоячие волны. Нормальные колебания стержня, струны, столба газа. Акустические резонаторы. Поток энергии в бегущей волне. Вектор Умова. Элементы акустики. Интенсивность и тембр звука. Ультразвук. Движение со сверхзвуковой скоростью. Ударные волны. Эффект Доплера.

8 Образовательные технологии

Практических занятий.



9 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

9.1 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примеры теоретических вопросов и задач для зачета или экзамена.

Теоретические вопросы:

1. Системы единиц физических величин. Сформулировать и доказать правило размерности (пи-теорему).
2. Преобразование Галилея и Лоренца. Инерциальные системы отсчета. Системы координат и их преобразования.
3. Декартова и криволинейные системы координат (полярная, сферическая, системы координат). Инварианты преобразований систем координат. Скалярные, векторные и тензорные поля.
Способы описания движения. Закон движения. Линейные и угловые скорости и ускорения. Формулы для нормального, тангенциального и полного ускорений точки. Траектория движения, радиус кривизны траектории. Система материальных точек. Уравнения кинематической связи.
5. Законы Ньютона. Уравнение движения. Начальные условия. Законы, описывающие индивидуальные свойства сил (сила гравитационного притяжения, упругая сила, силы трения и сопротивления). Закон сохранения и изменения импульса материальной точки и системы материальных точек. Центр инерции системы частиц (центр масс). Теорема о движении центра масс.
6. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.
7. Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия частицы. Понятие силового поля. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Потенциал поля. Закон сохранения энергии в механике. Кинетическая и потенциальная энергия материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения механической энергии системы. Соударение тел. Анализ столкновения двух частиц для абсолютно упругого и неупругого ударов.
8. Понятие внутренней энергии. Общефизический закон сохранения энергии. Момент импульса и момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса.
9. Движение тел в центральном поле. Законы Кеплера. Фinitные и инфинитные движения. Границы фinitного движения. Космические скорости. Связь параметров орбиты планеты с полной энергией и моментом импульса планеты. Теорема Гаусса для ньютоновской гравитации.
10. Движение материальной точки в неинерциальной системе отсчета. Преобразование ускорений в классической механике. Силы инерции. Переносная и кориолисова силы инерции. Центробежная сила инерции. Законы сохранения. Принцип эквивалентности.
Разложение движения на слагаемые. Углы Эйлера. Поступательное, вращательное и плоское движение твердого тела. Мгновенная ось вращения.
12. Физический маятник.
13. Гироскопы. Прецессия и нутация гироскопа. Гироскопические силы. Применения гироскопов.
14. Понятие о тензоре деформаций и тензоре скоростей деформаций. Кинематика движения элементарного объема сплошной среды.
15. Закон сохранения массы и уравнение неразрывности.
16. Тензор напряжений. Закон сохранения импульса и уравнение движения.
17. Закон сохранения энергии для сплошной среды. Понятие внутренней энергии.
18. Модели механики сплошных сред: идеальная жидкость и газ, линейно-упругие и линейно-вязкие среды.
19. Основное уравнение гидростатики. Распределение давления в покоящейся жидкости (газе) в поле силы тяжести. Барометрическая формула. Закон Архимеда. Условия устойчивого плавания тел.
20. Стационарное течение жидкости. Линии тока. Трубки тока. Уравнение Бернулли.



21. Вязкость жидкости. Течение вязкой жидкости по трубе. Формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса.
22. Лобовое сопротивление при обтекании тел. Парадокс Даламбера. Циркуляция. Подъемная сила. Формула Жуковского. Эффект Магнуса.
23. Виды деформаций и их количественная характеристика. Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Энергия упругих деформаций.
24. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Гармонические колебания. Сложение гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу. Биения.
25. Затухающие колебания. Показатель затухания. Логарифмический декремент затухания.
26. Вынужденные колебания. Процесс установления колебаний. Резонанс. Параметрическое возбуждение колебаний. Автоколебания.
27. Понятие о нелинейных колебаниях. Устойчивое и хаотическое движение. Аттрактор. Колебания систем с двумя степенями свободы. Нормальные колебания (моды) и нормальные частоты.
28. Распространение колебаний давления и плотности в среде. Волны. Длина волны, период колебаний, фаза и скорость волны. Бегущие волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Волны смещений, скоростей, деформаций и напряжений.
29. Волновое уравнение. Волны на струне, в стержне, газах и жидкостях. Связь скорости волны с параметрами среды.
30. Отражение и преломление волн. Основные случаи граничных условий. Интерференция волн. Стоячие волны. Нормальные колебания стержня, струны, столба газа. Акустические резонаторы.
31. Поток энергии в бегущей волне. Вектор Умова. Элементы акустики. Интенсивность и тембр звука. Ультразвук. Движение со сверхзвуковой скоростью. Ударные волны. Эффект Доплера.

Задачи:

1. Доказать теорему Пифагора с помощью теории размерностей.
Используя теорию размерностей получить уравнение Менделеева-Клайперона для совершенных газов. Для этого предположить, что состояние газа определяется значениями температуры, плотности и коэффициента теплоемкости c'_v , измеренного в механических единицах измерения
3. Используя теорию размерностей найти период колебаний математического маятника. Точка с постоянной по модулю скоростью v движется по эллипсу с полуосями a и b . Найти ее ускорение в вершинах эллипса.
5. Определить скорость с которой движется тень Луны по земной поверхности во время полного солнечного затмения.
6. К пружине прикреплено тело, которое может смещаться вдоль определенной прямой (например, вдоль стержня, на который оно надето). Эта система может служить акселерометром, прибором для измерения ускорения тела. Опишите принцип действия такого акселерометра.
7. Человек может, хотя и медленно, привести в движение тяжелую баржу на воде, если он будет тянуть канат, привязанный к ней. Но он не в состоянии сделать это с тяжелым телом, лежащим на земле, если даже вес этого тела заметно меньше веса баржи. Почему?
8. Автомобиль движется с постоянной скоростью по извилистой горизонтальной дороге. Принимая дорогу за синусоиду, найти максимальную скорость, которую может развить автомобиль, чтобы не было заноса.
9. На дне маленькой запаянной пробирки, подвешенной над столом на нити, сидит муха, масса которой равна массе пробирки, а расстояние от дна до поверхности стола равно длине пробирки l . Нить пережигают, и за время падения муха перелетает со дна в самый верхний ко-



нец пробирки. Определить время, по истечении которого нижний конец пробирки стукнется о стол.

10. С поверхности Луны стартует двухступенчатая ракета. При каком отношении масс первой и второй ступеней контейнера с полезным грузом (массой m) получится максимальной? Скорость истечения газов u в двигателях обеих ступеней постоянна и одинакова. Отношения массы топлива к массе ступени равны a_1 и a_2 для первой и второй ступеней, соответственно. Отделение ступеней и контейнера производится без сообщения добавочных импульсов.

11. Два протона с энергией $E=0.5$ МэВ каждый летят навстречу друг другу и испытывают лобовое столкновение. Как близко могут они сойтись, если учитывать только электростатическое взаимодействие между ними?

12. Три электрона в состоянии покоя находятся в вершинах правильного треугольника со стороной 1 см. После этого они начинают двигаться под действием взаимного отталкивания. Определить значение их скоростей.

13. Материальная точка (например, шарик на пружинке) под действием квазиупругой силы $F=-kx$ совершает колебания вдоль оси X вокруг положения равновесия. Показать, что средние по времени значения кинетической и потенциальной энергий при таком колебании одинаковы.

14. Между двумя сближающимися (со скоростью V) параллельными стенками начинает двигаться шарик массой m со скоростью v ($v \gg V$). Какую энергию будет приобретать шарик за единицу времени? Как меняется период колебаний шарика?

15. Движущаяся частица претерпевает упругое столкновение с покоящейся частицей такой же массы. Доказать, что после столкновения, если оно не было лобовым, частицы разлетятся под прямым углом друг к другу. Как будут двигаться частицы после лобового столкновения? Считать, что при столкновении вращения не возникает.

16. При бомбардировке гелия α -частицами с энергией 1 МэВ найдено, что налетающая частица отклонилась на угол 60° по отношению к первоначальному направлению полета. Считая удар упругим, определить энергию частицы и энергию ядра отдачи.

17. Определить долю энергии, теряемую протоном при упругом рассеянии под углом на протоне, дейтроне, ядре гелия и ядре углерода.

Вычислить момент инерции бесконечно тонкого круглого кольца (окружности).

Тонкий стержень массой m и длиной L подвешен за один конец и может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси. К той же оси подвешен на нити l шарик с такой же массой m . Шарик отклоняется на некоторый угол и отпускается. При какой длине нити шарик после удара о стержень остановится? Удар абсолютно упругий.

20. Оценить, с какой минимальной скоростью нужно выпустить на экваторе Земли снаряд массой $m=1000$ т., чтобы изменить продолжительность земных суток на 1 мин?

21. Оценить период вращения T , с каким стало бы вращаться Солнце, если бы оно превратилось в нейтронную звезду. При оценке считать, что средняя плотность солнечного вещества 1.41 г/см³, средняя плотность нейтронной звезды 10^{14} г/см³, а период вращения Солнца 25.4 земных суток.

22. Материальная точка движется в поле тяжести по хорде круга без начальной скорости. Показать, что время ее движения из точки A в нижнее положение B не зависит от положения точки A на окружности.

23. Тело вращения радиусом a с моментом инерции I (относительно геометрической оси) и массой m катается без скольжения по внутренней поверхности цилиндра радиуса R , совершая малые колебания около положения равновесия. Найти период этих колебаний.

24. Шарик массой m подвешен на двух последовательно соединенных пружинках с жесткостями k_1 и k_2 . Определить период его вертикальных колебаний.

25. Шарик математического маятника медленно испаряется. Будет ли адиабатическим инвариантом произведение полной энергии маятника на период колебаний?

26. Движение точки на плоскости можно задать полярными координатами r и ϕ . Найти выражения для скорости и ускорения точки в этой системе координат.



Шар радиусом r катится по плоскости, наклоненной под углом α к горизонту. Определить, при каком значении угла α начнется качение со скольжением, если коэффициент трения скольжения между катящимся телом и плоскостью равен k .

Шарик радиусом r скатывается без начальной скорости и без скольжения по поверхности сферы из самого верхнего положения. Определить точку, в которой он оторвется от сферы и начнем свободно двигаться под действием силы тяжести.

29. Как надо ударить кием по бильярдному шару, чтобы сила трения шара о сукно бильярдного стола заставила его двигаться а) ускоренно, б) замедленно, в) равномерно? Предполагается, что удар наносится горизонтально в плоскости, проходящей через центр шара и точку касания его с плоскостью бильярдного стола.

30. Оценить с какой минимальной скоростью нужно выпустить на полюсе Земли снаряд массой $m=1000$ тонн, чтобы повернуть в пространстве мгновенную ось вращения Земли на один градус. Масса Земли $M = 6 \cdot 10^{21}$ т. Длина градуса земного меридиана $l = 111$ км. Землю считать однородным шаром.

Доказать, что два однородных шара притягиваются друг к другу так, как если бы масса каждого шара была сосредоточена в его центре.

32. Допустим, что в результате взрыва тело, двигавшееся по круговой орбите вокруг Солнца, распалось на два осколка одинаковой массы. Один осколок непосредственно после взрыва остановился, другой продолжал движение. По какой траектории будет двигаться второй осколок: эллиптической, гиперболической или параболической?

33. Космический корабль движется вокруг Земли по эллиптической орбите. Перигей находится на расстоянии 200 км от поверхности Земли, апогей — на расстоянии 233 км. Как надо изменить касательную скорость в перигее, чтобы корабль начал двигаться по круговой орбите? На сколько будет удалена круговая орбита от поверхности Земли?

34. Найти расстояние R между компонентами двойной звезды, если их общая масса равна удвоенной массе Солнца M_0 , и звезды обращаются по круговым орбитам вокруг их центра масс с периодом $T=2 T_0$, где T_0 - продолжительность земного года. Расстояние от Земли до Солнца $R_0= 1.5 \cdot 10^8$ км.

Допустим, что в земном шаре вдоль оси вращения просверлен канал от полюса к полюсу. Как будет двигаться материальная точка, перемещенная в такой канал без начальной скорости? Плотность вещества земного шара считать одинаковой.

36. Какую центральную силу надо прибавить к силе притяжения Солнца для того, чтобы орбита планеты, не меняя своего вида, вращалась вокруг Солнца? (задача Ньютона).

37. Из ружья произведен выстрел строго вверх (т. е. параллельно линии отвеса). Начальная скорость пули 100 м/с, географическая широта места 60 градусов. Учитывая осевое вращение Земли, определить приближенно, насколько восточнее или западнее от места выстрела упадет пуля. Сопротивление воздуха не принимать во внимание.

38. Найти относительное удлинение вертикально подвешенного стержня под действием собственного веса P . Площадь поперечного сечения стержня равна S .

Какой максимальной кинетической энергией может обладать маховик, объем которого 1 м^3 , если прочность материала на разрыв 1 ГПа. Всю массу маховика считать сосредоточенной в его ободе (тонким по сравнению с радиусом маховика). Показать, что при неизменной прочности материала маховика максимальная кинетическая энергия зависит только от объема, но не от массы маховика.

40. Определить стрелу прогиба центра однородной балки под действием собственного веса P , если балка лежит своими концами на двух опорах.

41. Из круглого бревна диаметром D требуется изготовить балку прямоугольного поперечного сечения, чтобы ее изгиб был минимальным. Определить ширину a и толщину h такой балки.

42. Найти выражение для скорости продольных звуковых возмущений, распространяющихся в безграничной двумерной тонкой пластинке. Показать, что эта скорость меньше скоро-



сти продольных возмущений в неограниченной среде и больше скорости распространения «продольных» возмущений в стержне.

43. Найти условие устойчивости однородного прямоугольного параллелепипеда, плавающего на поверхности жидкости в положении, когда одно из оснований его горизонтально. Длины сторон горизонтального основания a и b ($a > b$), высота c . Плотность материала тела относительно жидкости $\rho < 1$.

Оценить сплюснутость Земли, обусловленную ее осевым вращением, считая Землю однородным несжимаемым жидким шаром.

45. Через какое время наполнится водой шаровая колба радиусом R , если в центре ее нижнего основания сделано маленькое отверстие площадью S . Колба погружена в воду до нижнего основания ее горлышка.

На горизонтальной поверхности стола стоит цилиндрический сосуд, в который налита вода до уровня H (относительно поверхности стола). На какой высоте h (относительно поверхности стола) надо сделать малое отверстие в боковой стенке сосуда, чтобы струя воды встречала поверхность стола на максимальном расстоянии от сосуда? Вычислить это расстояние.

47. Из большого сосуда через затопленный в жидкость цилиндрический насадок (насадок Борда) с поперечным сечением S происходит установившееся струйное истечение идеальной невесомой жидкости плотности ρ . Давление в сосуде далеко от отверстия с насадкой равняется во внешнем пространстве $p_0 < p_1$; S_0 — поперечное сечение истекающей струи далеко от сосуда. Определить коэффициент сжатия струи S_0/S .

48. Цилиндрический сосуд с налитой в него идеальной несжимаемой жидкостью вращается вокруг своей геометрической оси, направленной вертикально, с угловой скоростью ω . Определить скорость истечения струи жидкости через малое отверстие в боковой стенке сосуда при установившемся движении жидкости (относительно сосуда).

49. Определить стационарное течение вдоль оси и расход несжимаемой вязкой жидкости между двумя коаксиальными цилиндрами с внутренним радиусом R_1 , внешним R_2 и длиной l . Во сколько раз следует изменить угловую скорость вращения вертикального винта вертолета и мощность его двигателя, чтобы подъемная сила осталась неизменной при замене винта и самого корпуса вертолета геометрически подобными им, но с линейными размерами, увеличенными в α раз.

10 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

10.1 Базовый учебник

Д.В. Сивухин, Курс общей физики в 5 томах. Том 1: Механика, Москва, «Наука», 1989.

10.2 Основная литература

Кингсеп А. С., Локшин Г. Р., Ольхов О. А., Основы физики. Механика, электричество и магнетизм, волновая оптика.

Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Выпуск 1. Современная наука о природе. Законы механики. Выпуск 2. Пространство. Время. Движение

Лекции по основам механики сплошных сред. / М. Э. Эглит. – 5-е изд. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 208 с. - ISBN 978-5-9710085-8-3.

Теория и задачи механики сплошных сред / Дж. Мейз; Пер. с англ. Е. И. Свешниковой, М. Э. Эглит. – М.: Мир, 1974. – 318 с.



10.3 Дополнительная литература

Баранов В.Б., Гидроаэромеханика и газовая динамика, Издательство Московского университета,

Седов Л.И., Методы подобия и размерности в механике, Изд-во «Наука», 1981.

Кингсен А. С, Локишин Г. Р., Ольхов О. А., Основы физики. Механика, электричество и магнетизм, волновая оптика.

Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Выпуск 1. Современная наука о природе. Законы механики. Выпуск 2. Пространство. Время. Движение

С.П. Стрелков, Д.В. Сивухин, В.А. Угаров, И.А. Яковлев. Сборник задач по общему курсу физики. Механика. Под ред. И.А. Яковлева. М.: Наука, 1977.

“Сборник задач по общему курсу физики. Ч. 1. Механика, термодинамика и молекулярная физика” / под ред. В.А. Овчинкина (3-е изд., испр. и доп.). — М.: Физматкнига, 2013.

И.Е. Иродов. Задачи по общей физике. М.: Наука, 1988

Корявов В.П. Методы решения задач в общем курсе физики. Механика. – М.: Студент, 2012.

10.4 Дистанционная поддержка дисциплины

Дистанционная поддержка дисциплины обеспечивается использованием LMS. В разделе дисциплины размещаются дополнительные материалы, связанные с лекциями, практическими занятиями, материалы для самоподготовки, проекты, оценки текущего и итогового контроля.

11 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Проектор (лекционные и практические занятия), классы для практических занятий.