

Учреждение образования
«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ КУРС ШКОЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Электронный учебно-методический комплекс для студентов
обучающихся по специальности
1-02 05 02 Физика и информатика

Брест
БрГУ имени А. С. Пушкина
2022



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 1 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

УДК 53(075.8)
ББК 22.3я73

Составитель
кандидат педагогических наук, доцент
О. А. Котловский

Рецензенты
кафедра физики БрГТУ

зав. кафедрой математического анализа, дифференциальных уравнений и их приложений
БрГУ имени А. С. Пушкина
кандидат физико-математических наук, доцент
Н. Н. Сендер

Котловский, О. А.

Интегрированный курс школьной физики: учебно-методический комплекс для специальности 1-02 05 02 Физика и информатика/ Сост. О. А. Котловский [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., дан. (7,6 Мб). – Брест: БрГУ имени А. С. Пушкина, 2022. – 1 электрон. опт. диск.

Учебно-методический комплекс составлен в соответствии с учебной программой по курсу «Интегрированный курс школьной физики» и предназначен для студентов, обучающихся по специальности «Физика и информатика».

Учебно-методический комплекс содержит курс лекций, практические занятия, тестовые задания, вопросы к зачету, глоссарий, список литературы для самостоятельной работы.

УДК 53(075.8)
ББК 22.3я73

©УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», 2022



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 2 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Содержание учебного материала	8
Курс лекций	11
Лекция 1. Предмет физики	11
Лекция 2. Основы кинематики	19
Лекция 3. Основы динамики	31
Лекция 4. Законы сохранения в механике	49
Лекция 5. Основы молекулярной физики и термодинамики	65
Лекция 6. Основы электричества и магнетизма	93
Лекция 7. Колебания и волны	130
Лекция 8. Элементы оптики и специальной теории относительности	140
Лекция 9. Элементы квантовой оптики, физики атома и атомного ядра	161
Практические занятия	174
Практическое занятие 1	174
Практическое занятие 2	180
Практическое занятие 3	190
Практическое занятие 4	196
Практическое занятие 5	200
Практическое занятие 6	206
Практическое занятие 7	212
Практическое занятие 8	218
Практическое занятие 9	227
Практическое занятие 10	230
Практическое занятие 11	237
Практическое занятие 12	245
Практическое занятие 13	252



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 3 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

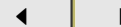
Практическое занятие 14	262
Практическое занятие 15	267
Практическое занятие 16	271
Практическое занятие 17	276
Практическое занятие 18	279
Практическое занятие 19	284
Практическое занятие 20	286
Обобщающие тесты	291
Вопросы для подготовки к зачету	292
Литература	295
Приложения	297



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 4 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

ВВЕДЕНИЕ

Одной из проблем при изучении физических дисциплин студентами педагогических специальностей (будущими учителями физики) является недостаточный уровень начальной подготовки по физике, полученной в учреждениях общего среднего образования. Программа коррекционной дисциплины «Интегрированный курс школьной физики» направлена на:

- повышение до необходимого уровня базовых знаний, умений и навыков по школьной физике;
- ускорение адаптации студентов первого курса к условиям вузовской системы обучения.

Основная цель ЭУМК «Интегрированный курс школьной физики» состоит в формировании у студентов первого курса специальности 1-02 05 02 «Физика и информатика» системы знаний, умений и навыков в области общих методов анализа и решения физических задач курса физики средней школы базового и профильного уровней, ликвидация пробелов в знаниях по основным темам школьного курса физики.

Структура ЭУМК:

Учебно-методический комплекс состоит из четырех разделов: *теоретического*, состоящего из специально разработанных и адаптированных к уровню начальной подготовки студентов по физике лекций, содержащих необходимый теоретический материал и примеры решения типовых задач по каждому разделу школьной физики; *практического*, в который входят более 600 физических задач для практических занятий и самостоятельной работы студентов; *раздела контроля знаний*, включающего в себя тестовые задания и вопросы к зачету, *вспомогательного*, в котором приводится список литературы и приложения.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание

«

Страница 5 из 300

Назад

На весь экран

Закреть



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 6 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

С учетом специфики учебного курса используются такие формы обучения, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов (выполнение дифференцированных по сложности домашних заданий с последующим отчетом о проделанной работе; выполнение тестовых заданий).

Основной технологией обучения, адекватно отвечающей целям изучения данной дисциплины, является технология проблемного обучения, основанная на проблемном изложении материала, использовании частично-поискового и исследовательского методов.

Изучение дисциплины опирается на знание студентами материала школьных программ физики, математики и тесно связано с дисциплинами «Общая физика», «Методика преподавания физики».

Освоение курса «Интегрированный курс школьной физики» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

СК-3. Применять приемы и методы решения задач для выполнения заданий школьных курсов физики, математики и информатики.

Задачами учебно-методического комплекса являются:

- обеспечить эффективное усвоение студентами учебного материала курса школьной физики;
- обеспечить систему управляемой самостоятельной работы студентов;
- способствовать формированию у студентов первого курса мотивации к изучению общей и теоретической физики.

Дисциплина компонента учреждения высшего образования «Интегрированный курс школьной физики» для специальности 1-02 05 02 Физика и информатика изучается на 1-м курсе в 1-м семестре. На изучение дисциплины отводится: общее количество часов – 100, из которых 60 часов аудиторных (20 – лекционных, 40 – практических).

Итоговый контроль знаний осуществляется на зачете (первый семестр).

Учебно-методический комплекс «Интегрированный курс школьной физики» для студентов физико-математического факультета специальности 1-02 05 02 Физика и информатика разработан в соответствии с документом «Образовательный стандарт высшего образования. Первая ступень» для специальности 1-02 05 02 Физика и информатика; Учебным планом специальности 1-02 05 02 Физика и информатика регистрационный номер ФМ-39-22-уч.; Учебной программой по дисциплине «Интегрированный курс школьной физики» для студентов специальности 1-02 05 02 Физика и информатика регистрационный номер УД-19-007-21/уч.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 7 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Предмет физики

Предмет физики и методы физических исследований. Материя и движение. Пространство и время – основные формы существования материи. Скалярные и векторные величины. Действия над векторами. Международная система единиц. Кратные и дольные единицы измерения. Общий квазиалгоритм решения элементарной физической задачи.

Тема 2. Основы кинематики

Механическое движение. Материальная точка. Система отсчета. Путь и перемещение. Относительность движения. Классический закон сложения скоростей. Прямолинейное равномерное и равноускоренное движение. Движение по окружности.

Тема 3. Основы динамики

Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Масса. Сила. Сложение сил. Второй и третий законы Ньютона. Силы упругости. Гравитационные силы. Сила тяжести. Вес тела, движущегося с ускорением. Перегрузки. Невесомость. Движение тела под действием силы тяжести. Искусственные спутники. Силы трения. Движение под действием сил трения. Движение тела под действием нескольких сил в вертикальном и горизонтальном направлении и по наклонной плоскости. Движение связанных тел. Давление. Механика жидкостей и газов.

Тема 4. Законы сохранения в механике

Импульс тела. Импульс физической системы. Теорема об изменении импульса. Закон сохранения импульса. Механическая работа. Мощность. Кинетическая и потенциальная энергия. Теорема об изменении кинетической энергии. Закон сохранения полной механической энергии. Превращения энергии при действии сил тяжести, сил упругости, сил трения. Упругие и неупругие столкновения. КПД.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 8 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Тема 5. Основы молекулярной физики и термодинамики

Масса и размеры молекул. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Энергия теплового движения молекул. Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы. Насыщенный и ненасыщенный пар. Зависимость температуры кипения от давления. Влажность воздуха. Свойства жидкости. Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Смачивание. Капиллярные явления. Механические свойства твердых тел. Внутренняя энергия идеального газа. Работа и количество теплоты. Уравнение теплового баланса. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам. Циклические процессы. Тепловые двигатели. КПД теплового двигателя.

Тема 6. Основы электричества и магнетизма

Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей. Работа сил электростатического поля. Потенциал и разность потенциалов. Связь между напряжением и напряженностью однородного электростатического поля. Емкость. Емкость плоского конденсатора. Энергия электростатического поля заряженного конденсатора. Постоянный электрический ток. Сила тока. Электродвижущая сила. Напряжение. Электрическое сопротивление. Закон Ома для однородного участка электрической цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников. Закон Ома для полной электрической цепи. Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца. Коэффициент полезного действия источника тока. Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Магнитный поток. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции. Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия и плотность.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 9 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Тема 7. Колебания и волны

Колебательное движение. Амплитуда, период, частота, фаза колебаний. Уравнение гармонических колебаний. Математический и пружинный маятники. Превращения энергии при гармонических колебаниях. Упругие волны. Поперечные и продольные волны. Связь длины волны со скоростью ее распространения и периодом (частотой). Звуковые волны. Свободные электромагнитные колебания в контуре. Математическая модель свободных колебаний в контуре, частота и период колебаний. Электромагнитные волны и скорость их распространения.

Тема 8. Элементы оптики и специальной теории относительности

Скорость света. Прямолинейность распространения света. Отражение света. Зеркала. Преломление света. Полное отражение. Тонкие линзы. Построение изображений в линзах. Формула тонкой линзы. Дисперсия, интерференция и дифракция света. Постулаты специальной теории относительности. Закон взаимосвязи массы и энергии.

Тема 9. Элементы квантовой оптики, физики атома и атомного ядра

Энергия, импульс и масса фотона. Давление света. Фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Ядерная модель атома. Квантовые постулаты Бора. Излучение и поглощение энергии атомом. Квантово-механическая модель атома водорода. Протонно-нейтронная модель ядра. Энергия связи. Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции. Энергетический выход ядерных реакций.

Тема 10. Итоговое занятие по решению школьных физических задач

Анализ и решение заданий централизованного тестирования по физике



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание

◀ ▶

◀◀ ▶▶

Страница 10 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

КУРС ЛЕКЦИЙ

Лекция 1. Предмет физики

Предмет физики и методы физических исследований. Материя и движение. Пространство и время – основные формы существования материи. Скалярные и векторные величины. Действия над векторами. Международная система единиц. Кратные и дольные единицы измерения. Общий квазиалгоритм решения элементарной физической задачи.

Литература: [1, с. 7–8]

Греческое слово «физика» означает наука о природе. Физика – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие свойства материального мира и объясняющая на основе выявленных закономерностей конкретные явления, происходящие в природе. Физика исследует свойства твердых тел, жидкостей, газов, плазмы, отдельных молекул, атомов, атомных ядер, элементарных частиц, а также изучает электромагнитные и гравитационные поля. Помимо этого, физика рассматривает различные виды движения материи: механическое движение, колебания и волны различного рода, тепловое движение, распространение полей. Таким образом, все объекты природы, изучаемые физикой, подразделяют на вещественные объекты и силовые поля.

Вещество – вид материи, имеющий дискретную (от лат. *discretus* – разделённый, прерывистый) структуру, состоящий из элементарных частиц обладающих массой покоя (электронов, протонов, нейтронов и др.), образующих атомы, молекулы и физические тела.

Физическое (силовое) поле – вид материи, характеризующийся непрерывным распределением в пространстве, не обладающий массой покоя и являющийся переносчиком того или иного вида взаимодействия между частицами вещества или состоящими из них физическими телами.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

◀ ▶

◀◀ ▶▶

Страница 11 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Физическое тело – это любое материальное тело, состоящее из огромного числа молекул или атомов, которое можно выделить в пространстве и идентифицировать как единое целое.

Выделяют четыре вида взаимодействия: *гравитационное, электро-магнитное, слабое и сильное.*

Все физические тела существуют в пространстве и времени. Строгих определенных пространства и времени не существует. Под *физическим пространством* понимается вмещалище всех тел природы, которое позволяет им существовать в виде отдельных объектов, занимающих определенное положение и имеющие определенную протяженность и форму. Физическое пространство обладает следующими основными свойствами: трехмерностью, непрерывностью, однородностью и изотропностью.

Трехмерность пространства означает, что для однозначного задания любого положения точки в нем вполне достаточно трех чисел (координат).

Непрерывность пространства означает, что оно бесконечно делимо: не существует такого расстояния, меньше которого уже нет.

Однородность пространства означает, что его свойства одинаковы во всех его областях, и любые процессы, где бы в пространстве они ни происходили, будут протекать (в тех же условиях) одинаковым образом.

Изотропность (из др.-греч. *изос* «равный, одинаковый, подобный» + *тропос* «направление, характер») *пространства* означает эквивалентность в нем всех направлений и, как следствие, независимость процессов, протекающих в физических телах и их системах (в одинаковых условиях), от их ориентации в пространстве.

Время – мера длительности существования всех объектов, характеристика последовательной смены их состояний в процессах и самих процессов, изменения и развития, а также одна из координат единого пространства-времени, представления о котором развиваются в теории относительности. Время обладает следующими основными свойствами: одномерностью и однонаправленностью, непрерывностью, однородностью.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 12 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Одномерность и однонаправленность времени означают, что во времени нельзя двигаться, например, «вперед – назад» и «направо – налево», а только от прошлого к настоящему и через него – к будущему.

Непрерывность времени означает, что оно бесконечно делимо, т. е. не существует таких промежутков времени, меньше которых уже нет.

Однородность времени означает, что все моменты времени эквивалентны, и один и тот же процесс теперь протекает точно так же, как он протекал (в тех же условиях) миллионы лет назад.

Большинство физических законов представляется в виде формул, связывающих численные значения различных физических величин (характеристики процессов или особенностей тел и полей, которые могут быть определены количественно). Для получения этих значений необходимо измерять физические величины. *Измерение физической величины* сводится к сравнению ее с однородной физической величиной, принятой за единицу измерения. Для каждой физической величины единицу измерения можно выбирать совершенно произвольно, независимо от других величин. Однако на практике в целях удобства поступают иначе. Произвольно выбирают единицы измерения только для нескольких физических величин. Эти величины и их единицы измерения называют *основными*. Единицы измерения всех остальных физических величин устанавливают на основании законов (формул), связывающих эти величины с основными. Такие величины и их единицы измерения называют *производными*. Например, на основании известной формулы для скорости равномерного прямолинейного движения:

$$v = \frac{s}{t},$$

где s – путь (измеряется в метрах – м), t – время (измеряется в секундах – с), скорость будет измеряться в м/с.

Совокупность всех основных и производных единиц измерения физических величин называют *системой единиц*. Наиболее распространенной, в настоящее вре-



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 13 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

мя, является Международная система единиц – СИ (*система интернациональная*). Основными физическими величинами и единицами их измерения в СИ являются: длина – метр (м), масса – килограмм (кг), время – секунда (с), термодинамическая температура – кельвин (К), сила тока – ампер (А), сила света – кандела (кд) и количество вещества – моль (моль). Наряду с СИ применялись и применяются другие системы единиц. Например: физическая система (СГС), основными единицами которой являются сантиметр (см), грамм (г) и секунда (с); система Гаусса, основными единицами которой являются миллиметр, миллиграмм, секунда; МКС – метр, килограмм, секунда и т. д.

Наряду с основными (и производными) единицами измерения физических величин применяются кратные единицы, образуемые путем умножения первых на 10^n :

Таблица 1. Кратные единицы измерения

Кратные единицы					
Наименование приставки	Множитель	Обозначение	Наименование приставки	Множитель	Обозначение
Тера	10^{12}	Т	Деци	10^{-1}	д
Гига	10^9	Г	Санги	10^{-2}	с
Мега	10^6	М	Милли	10^{-3}	м
Кило	10^3	к	Микро	10^{-6}	мк
Гекто	10^2	г	Нано	10^{-9}	н
Дека	10^1	да	Пико	10^{-12}	п

То есть к названию единицы измерения добавляют соответствующую приставку. Например: 1 микрометр = 10^{-6} м.

Все физические величины подразделяются на скалярные и векторные. Скалярные физические величины полностью определяются численным значением. К ним например относятся: m (масса), S (площадь), V (объем). Векторная физическая величина полностью определяется численным значением и направлением. В отличие от скаляров векторы обозначаются буквами со стрелкой сверху. Например \vec{v} – вектор скорости.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 14 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

а) Сложение векторов.

Сложение векторов производится по правилу параллелограмма. Чтобы сложить два вектора \vec{a} и \vec{b} необходимо путем параллельного переноса совместить их начала (рисунок 1.1).

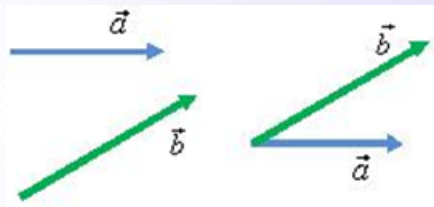


Рисунок 1.1

Затем построить параллелограмм, сторонами которого будут эти вектора.

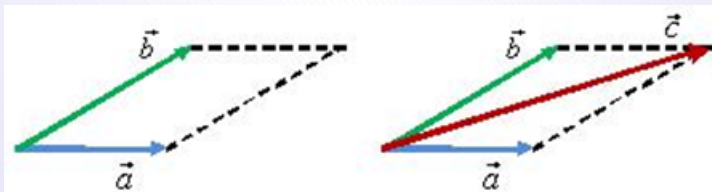


Рисунок 1.2

Тогда суммой будет вектор \vec{c} , начало которого совпадает с общим началом векторов, а конец – с противоположной вершиной параллелограмма (рисунок 1.2)

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b} \quad (1.1)$$

Сложение векторов можно осуществлять и по правилу треугольника. Для того чтобы сложить два вектора \vec{a} и \vec{b} нужно переместить вектор \vec{b} параллельно самому себе так, чтобы его начало совпадало с концом вектора \vec{a} . Тогда их суммой будет



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 15 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

вектор \vec{c} , начало которого совпадает с началом вектора, а конец – с концом вектора (рисунок 1.3):

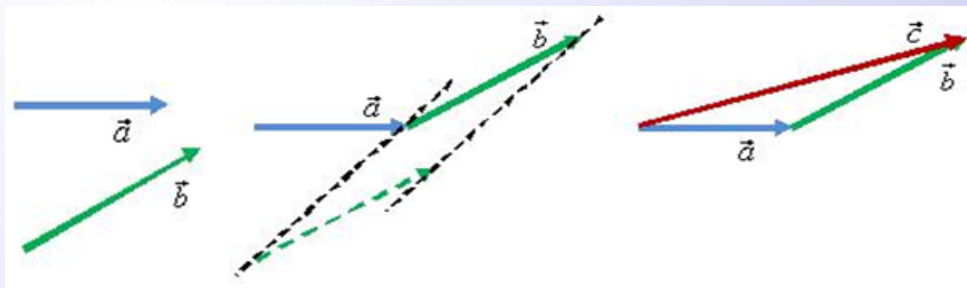


Рисунок 1.3

б) *Вычитание векторов.*

Для того чтобы найти разность двух векторов \vec{a} и \vec{b} нужно найти вектор $\vec{c} = \vec{a} + (-\vec{b})$ (рисунок 1.4):

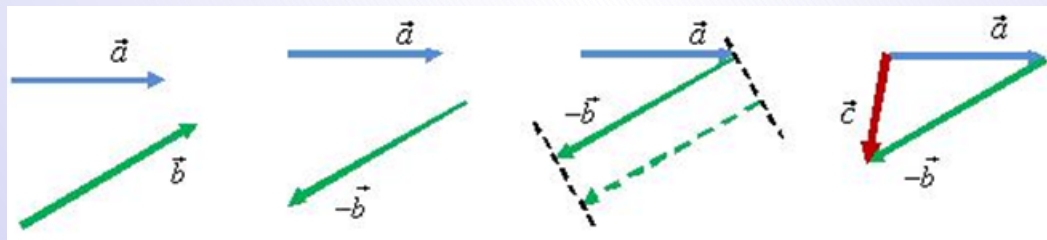


Рисунок 1.4

Проекцией вектора на ось называют скалярную величину, равную произведению модуля вектора на косинус угла, который этот вектор образует с положительным направлением оси. В зависимости от угла α проекция вектора может быть положительной при $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$, равной нулю при $\alpha = 90^\circ$, отрицательной при $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



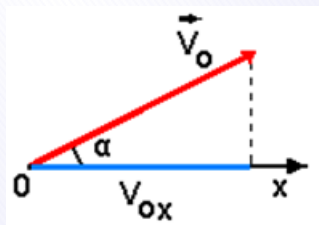
Страница 16 из 300

Назад

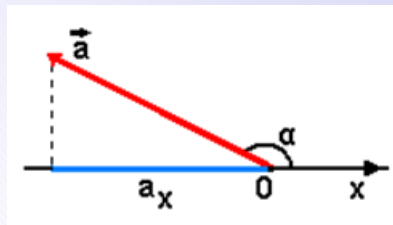
На весь экран

Закрыть

На рисунке 1.5 показано определение проекции вектора начальной скорости V_{Ox} на ось OX и проекции вектора ускорения a_x .



а) $V_{Ox} = V_0 \cos \alpha$;



б) $a_x = a \cos (180^\circ - \alpha) = -a \cos \alpha$.

Рисунок 1.5

Проекция вектора скорости положительна, а проекция вектора ускорения – отрицательна. Знак проекции вектора определяется знаком косинуса угла α .

Невозможно изучить физику не решая так называемые физические задачи. *Физической задачей* в учебной практике обычно называют небольшую проблему, которая в общем случае решается с помощью логических умозаключений, математических действий и эксперимента на основе законов и методов физики».

Решить физическую задачу – это значит определить искомые физические величины, связи между ними.

Общая структура деятельности по решению задачи



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 17 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Разумеется, что единого метода, алгоритма, рецепта решения физических задач нет. Однако для облегчения решения желательно придерживаться общепринятой схемы:

1. Проанализировать в общих чертах условие задачи.
2. Кратко записать условие (дано).
3. Сделать схему, рисунок, поясняющий описанный в задаче процесс.
4. Написать систему уравнений, описывающую данный процесс.
5. Если равенства векторные, то сопоставить им скалярные равенства.
6. Получить общее решение (преобразовать исходные равенства в одно уравнение, так чтобы в него входили лишь упомянутые в условии задачи величины и табличные значения).
7. В случае необходимости исследовать полученное решение (например, проверить размерность).
8. Все величины перевести в одну систему единиц.
9. Произвести вычисления.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 18 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Лекция 2. Основы кинематики

Механическое движение. Материальная точка. Система отсчета. Путь и перемещение. Относительность движения. Классический закон сложения скоростей. Прямолинейное равномерное и равноускоренное движение. Движение по окружности.

Литература: [1, с. 9–30], [2, с. 7–19].

Механика – наука, изучающая закономерности механического движения и причины, вызывающие такое движение. *Механическое движение* – это простейший вид движения материи, представляющее собой перемещение в пространстве тел или их частей относительно друг друга.

Различают три вида механического движения тел – поступательное, вращательное и колебательное. При *поступательном* движении твердого тела все его точки описывают совершенно одинаковые (при наложении совпадающие) линии и имеют одинаковую скорость и одинаковое ускорение (в данный момент времени). Определение вращательного и колебательного движения тела будет дано в следующих разделах.

Кинематика (от греческого «кинематос» – движение) – раздел механики, в котором используется лишь математическое описание механического движения физических тел, без выяснения причин, почему они так движутся.

Материальная точка – тело, формой и размерами которого можно пренебречь в данной задаче. Материальная точка это одна из абстрактных моделей, используемых в физике. Материальная точка имеет массу равную массе тела моделью которого она является. Положение материальной точки в пространстве определяется как положение геометрической точки. Одно и то же тело в одних случаях можно считать материальной точкой, в других нет. Например, изучая движение Земли вокруг Солнца, можно и Землю, и Солнце считать материальными точками. Изучая



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 19 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

же движение Земли вокруг своей оси, нельзя принимать Землю за материальную точку, так как на характер движения Земли существенно влияют ее форма и размеры. Движение тела можно рассматривать только относительно какого-либо другого тела. Такое тело относительно, которого рассматривается положение, и движение других тел называется *телом отсчета*. С телом отсчета связывают систему координат. Такой системой отсчета может служить, например, прямоугольная система координат XYZ, связанная с какой-нибудь точкой O тела отсчета, которую называют точкой отсчета (рисунок 2.1).

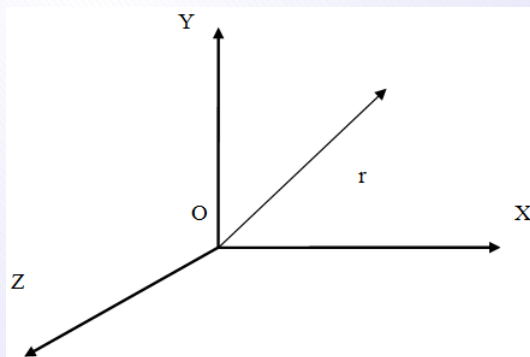


Рисунок 2.1

Тогда положение материальной точки в любой момент времени определяется расстояниями ее от трех координатных плоскостей (x , y , z) или радиус-вектором (вектор, начало которого совмещено с точкой отсчета, а конец с данной точкой, на рисунке вектор \vec{r}). Совокупность тела отсчета, жестко связанной с ним системой координат и часов для отсчета времени составляют *систему отсчета*. Систем отсчета существует бесчисленное множество.

Линия, описываемая движущейся материальной точкой, называется *траекторией*.

Пусть некая материальная точка, двигаясь по криволинейной траектории за некоторый промежуток времени Δt переместилась из точки А в точку В (рисунок 2.2).



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

⏪ ⏩

Страница 20 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

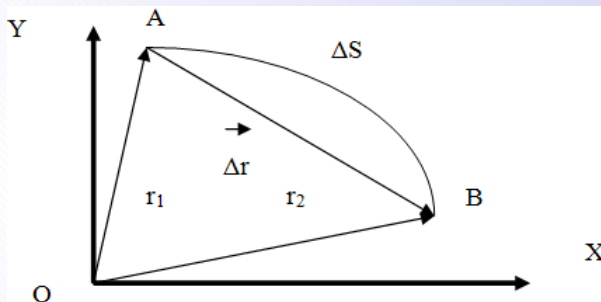


Рисунок 2.2

Длина Δs участка траектории между точками А и В представляет из себя *путь* пройденный телом за промежуток времени Δt . А направленный отрезок прямой (вектор $\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$, равный изменению радиус вектора \vec{r}) соединяющий между собой точки А и В (начальное и конечное положение материальной точки) это *перемещение*, совершенное материальной точкой за промежуток времени Δt . Единица измерения времени системе СИ – с (секунда). Единица времени *секунда* – время, равное 9192631770 периодам излучения, соответствующего энергетическому переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия Cs_{55}^{133} .

Единица измерения пути и перемещения в системе СИ – м (метр). Один метр – длина, равная 1650763,73 длины волны в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86.

Пример решения задачи

Мяч упал с высоты 3 м, отскочил от пола и был пойман после отскока на высоте 1 м. Во сколько раз путь, пройденный мячом, больше модуля перемещения мяча?



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

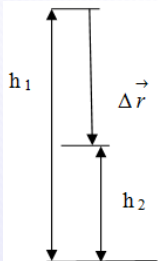


Страница 21 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть



Модуль перемещения и путь можно найти непосредственно из рисунка

$$|\Delta \vec{r}| = h_1 - h_2 = 2 \text{ м}; \Delta s = h_1 + h_2 = 4 \text{ м, тогда } \frac{\Delta s}{\Delta r} = \frac{h_1 + h_2}{h_1 - h_2} = 2.$$

Отношение пути, пройденного материальной точкой, к промежутку времени, за который этот путь пройден, называется *средней скоростью пути*:

$$v_{\text{ср}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}. \quad (2.1)$$

Средняя скорость пути – скалярная физическая величина. Единица измерения в системе СИ – $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ (метр в секунду).

Средняя скорость перемещения – это физическая величина, равная отношению вектора перемещения $\Delta \vec{r}$ материальной точки, к величине промежутка времени Δt за которое это перемещение произошло:

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}. \quad (2.2)$$

Средняя скорость перемещения – векторная физическая величина. Единица измерения в системе СИ – $\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Пример решения задачи

Первую четверть пути автомобиль двигался со скоростью 60 км/ч, остальной путь со скоростью 20 км/ч. Найдите среднюю скорость (в км/ч) автомобиля.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 22 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

По определению средней скорости (см. формулу (2.1)) $v_{cp} = \frac{s}{t}$. Полное время движения равно сумме времен движения на отдельных участках: $t = \frac{s/4}{v_1} + \frac{3s/4}{v_2}$. Подставив получим $v_{cp} = \frac{4v_1v_2}{3v_1+v_2} = 24$ км/ч.

Наряду со средней путевой скоростью и средней скоростью перемещения используется понятие мгновенной скорости (истинная скорость, скорость в данный момент времени, скорость в данной точке). Определение мгновенной скорости дается через понятия дифференциального исчисления и в элементарных физических задачах не используется.

Если два тела 1 и 2 движутся относительно данной системы отсчета со скоростями соответственно \vec{v}_1 и \vec{v}_2 , то скорость тела 1 относительно тела 2 $\vec{v}_{отн}$ (относительная скорость):

$$\vec{v}_{отн} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 \quad (2.3)$$

Закон сложения скоростей: скорость \vec{v}_1 тела относительно неподвижной системы отсчета равна векторной сумме его скорости $\vec{v}_{отн}$ относительно подвижной системы отсчета и скорости \vec{v}_2 подвижной системы относительно неподвижной:

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_2 \quad (2.4)$$

Этот закон справедлив для скоростей много меньше скорости света в вакууме.

Пример решения задачи

Из одного пункта по взаимно перпендикулярным дорогам выехали два автомобиля: один со скоростью 80 км/ч, другой – со скоростью 60 км/ч. С какой скоростью (в км/ч) они удаляются друг от друга.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание

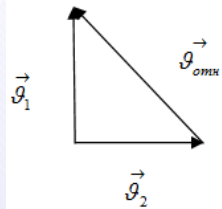


Страница 23 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть



Скорость, с которой изменяется расстояние между двумя движущимися телами это не что иное, как их относительная скорость. Из формулы (2.4) следует, что

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2.$$

Из рисунка видно, что $\vec{v}_{\text{отн}} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 100 \text{ км/ч}$.

При движении тела скорость его может изменяться. Для характеристики быстроты этого изменения вводится понятие ускорения. Отношение изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло, называется *средним ускорением*:

$$\vec{a}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}. \quad (2.5)$$

Среднее ускорение – это вектор направленный, так же как и вектор приращения скорости. Мгновенное ускорение представляет собой производную скорости по времени, то есть, так же как и для мгновенной скорости надо использовать дифференциальное исчисление. Единица измерения ускорения в системе СИ – $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Вектор ускорения принято раскладывать на две взаимно перпендикулярные составляющие: \vec{a}_n – нормальное ускорение и \vec{a}_τ – тангенциальное ускорение (рисунки 2.2).

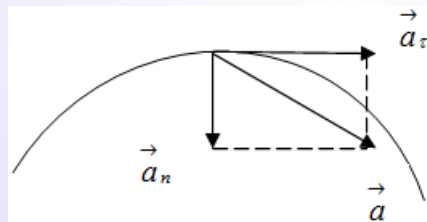


Рисунок 2.3

Тангенциальное (от лат. *tangens* – *касающийся*) ускорение характеризует быстроту изменения скорости по величине, а *нормальное* (*нормаль* – прямая перпенди-



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

Страница 24 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

кулярная касательному пространству (касательной прямой к кривой, касательной плоскости к поверхности и т. д.)) *ускорение* изменение скорости по направлению.

В зависимости от того как «ведут» себя нормальное и тангенциальное ускорение выделяют и виды механического движения материальной точки. При прямолинейном движении материальной точки нормальное ускорение отсутствует и полное ускорение совпадает с тангенциальным. Для самого простого вида движения равномерного прямолинейного движения ускорение равно нулю (отсутствует и нормальная и тангенциальная составляющая), скорость не меняется ни по направлению, ни по величине ($\vec{v} = \text{const}$) и радиус-вектор зависит от времени следующим образом:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t, \quad (2.6)$$

Кинематическое уравнение прямолинейного равномерного движения в координатной форме:

$$x = x_0 + v_x t \quad (2.7)$$

где x – координата тела в момент времени t , x_0 – его начальная координата, v_x – проекция вектора скорости на ось OX .

Путь s , пройденный телом за время t :

$$s = |x - x_0| = |v_x| t = vt \quad (2.8)$$

Пример решения задачи

Со станции вышел товарный поезд, идущий со скоростью 20 м/с. Через 10 минут по тому же направлению вышел экспресс, скорость которого 30 м/с. На каком расстоянии (в км) от станции экспресс нагонит товарный поезд?

Будем отсчитывать время от момента старта товарного поезда, а координаты поездов от станции.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 25 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Для товарного поезда (согласно формуле (2.7)) $x_1 = v_1 t$, а для экспресса $x_2 = v_2(t - \Delta t)$, где Δt , запаздывание по времени начала движения. В момент встречи поезда находятся в одной точке пространства, т. е. их координаты равны

$$x_1 = x_2 \text{ (условие встречи), т. е. } v_1 t = v_2(t - \Delta t)$$

Откуда выражаем время t и находим координату встречи

$$x = \frac{v_1 v_2 \Delta t}{v_2 - v_1} = 36 \text{ км.}$$

Движение, происходящее с постоянным ускорением, называют *равноускоренным*. В этом случае мгновенное ускорение равно среднему ускорению за любой промежуток времени. Тогда из формулы (2.5) получим:

$$\vec{a}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}, \quad (2.9)$$

где \vec{v}_0 – начальная скорость (скорость в начальный момент времени $t_0 = 0$), \vec{v} – скорость в момент времени t .

Из формулы (2.9) следует, что вектор мгновенной скорости при равноускоренном движении линейно зависит от времени:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad (2.10)$$

Радиус-вектор при равноускоренном движении зависит от времени следующим образом:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad (2.11)$$

При *прямолинейном равноускоренном* движении $a_n = 0$, $a_\tau = a_x = \text{const}$ – проекция ускорения. Предполагается, что координатная ось OX совмещена с траекторией



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

◀ ▶

◀◀ ▶▶

Страница 26 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

движения, x_0 – начальная координата тела, v_{0x} – начальная проекция его скорости на ось Ox , Зависимость проекции скорости от времени:

$$v_x = v_{0x} + a_x t \quad (2.12)$$

Координатная форма кинематического уравнения движения:

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} \quad (2.13)$$

Путь, пройденный телом за время t , определяют по формуле:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (2.14)$$

где ускорение берут со знаком плюс, когда тело ускоряется и со знаком минус, когда тело тормозит.

Пример решения задачи

Автомобиль, двигаясь равноускорено, через 5 с после начала движения достиг скорости 36 км/ч. Какой путь прошел автомобиль за третью секунду движения.

Так как $v_0 = 0$, то зависимость скорости от времени (см. формулы (2.10) и (2.12)) принимает вид $v = at$.

Подставляя сюда $t = 5$ с и $v = 36$ км/ч = 10 м/с, находим $a = 2$ м/с².

Путь за третью секунду равен разности путей, пройденных за три секунды и за две секунды $s_{3-2} = s_3 - s_2 = \frac{at_3^2}{2} - \frac{at_2^2}{2}$, где $t_2 = 2$ с, $t_3 = 3$ с. Получаем $s_{3-2} = 5$ м.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



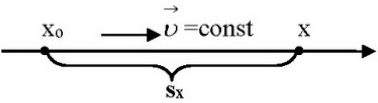
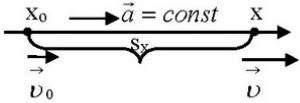
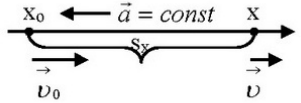
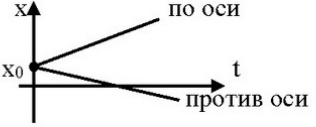
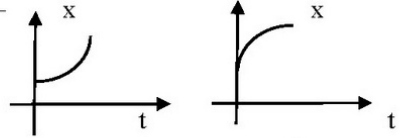
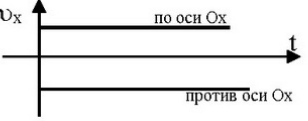
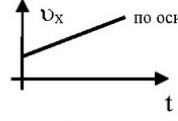
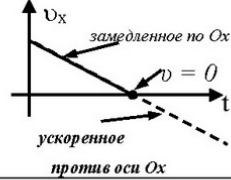
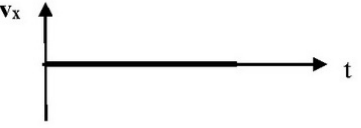
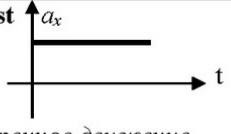
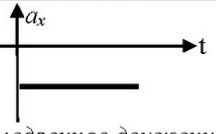
Страница 27 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Графическое представление равномерного и равноускоренного прямолинейного движения

Прямолинейное равномерное движение.	Прямолинейное равноускоренное движение.	
	 <p style="text-align: center;"><i>ускоренное</i></p>	 <p style="text-align: center;"><i>замедленное</i></p>
$x = x_0 + v_x t$ $x \sim t$ 	$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ $x \sim t^2$ 	
$s_x = v_x t$	$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ или $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$ без $t!$	
$v_x = \text{const}$ 	$v_x = v_{0x} + a_x t$ 	
$a = 0$ 	$a_x = \text{const}$ 	

Рассмотрим движение материальной точки по окружности с постоянной по величине скоростью \vec{v} (рисунок 2.4).



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 28 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

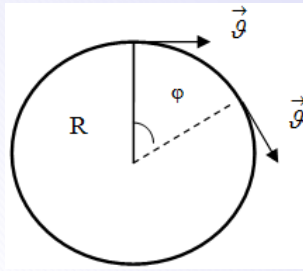


Рисунок 2.4

Данная скорость \vec{v} получила название – *линейная скорость* и в системе СИ измеряется в *м/с*. Наряду с линейной скоростью движение материальной точки по окружности характеризуют так называемой *угловой скоростью* (ω):

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (2.15)$$

величину, которой определяют отношением угла $\Delta\varphi$ поворота радиуса R к промежутку времени Δt , за который этот поворот произошел. В международной системе единиц угол измеряют в радианах. *РадIAN* (от лат. *radius* – *луч*) – угол, соответствующий дуге, длина которой равна её радиусу. Величина полного угла (360°) равна 2π радиан. Единицей измерения угловой скорости является – *рад/с* (радиан в секунду). Линейная скорость связана с угловой скоростью следующим соотношением:

$$v = \omega R \quad (2.16)$$

Широко используются еще две характеристики движения материальной точки по окружности: *период* (T) – время одного оборота и *частота* (ν) – число оборотов в единицу времени.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание

« « » »

Страница 29 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Период и частота величины взаимно обратные:

$$T = \frac{1}{\nu} \quad (2.17)$$

Единицей измерения периода вращения является секунда (c), а частоты вращения – c^{-1} . Так как за период T радиус окружности связанный с материальной точкой, повернется на угол 2π , то согласно (2.15):

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2.18)$$

При движении материальной точки по окружности с постоянной по величине скоростью тангенциальная составляющая ускорения отсутствует и ускорение совпадает со своей нормальной составляющей ($a = a_n$), которая направлена к центру окружности и в данном случае принято называть *центростремительным ускорением*.

Модуль вектора центростремительного ускорения

$$a = a_n = \frac{v^2}{R} \quad (2.19)$$

Пример решения задачи

Точка движется по окружности с постоянной по модулю скоростью, равной 1,5 м/с. Определите центростремительное ускорение точки, если за время 2,5 с направление вектора ее скорости изменяется на 1 рад.

Центростремительное ускорение точки определяется по формуле (2.19): $a = \frac{v^2}{R}$. Неизвестный радиус окружности можно выразить из соотношения (2.15), связывающего линейную и угловую скорости $R = \frac{v}{\omega}$. Угловая скорость $\omega = \frac{\varphi}{t}$. Тогда центростремительное ускорение $a = \frac{v\varphi}{t} = 0,6 \text{ м/с}^2$.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 30 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Лекция 3. Основы динамики

Сила. Сложение сил. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Масса. Второй и третий законы Ньютона. Силы упругости. Гравитационные силы. Сила тяжести. Вес тела, движущегося с ускорением. Перегрузки. Невесомость. Движение тела под действием силы тяжести. Искусственные спутники. Силы трения. Движение под действием сил трения. Движение тела под действием нескольких сил в вертикальном и горизонтальном направлении и по наклонной плоскости. Движение связанных тел. Давление. Механика жидкостей и газов.

Литература: [1, с. 42–66], [2, с. 30–29]

Динамика – раздел механики, в котором устанавливаются законы взаимодействия тел друг с другом, и изучается влияние этих взаимодействий на механическое движение тел. Законы динамики позволяют рассчитать ускорение тел. Это вместе с кинематическими уравнениями движения, вполне достаточно для решения основной задачи механики – определения положения и скоростей тел в любой момент времени.

В физике количественной мерой действия одного тела на другое является векторная величина, называемая *силой* (обозначается \vec{F}). В результате действия силы изменяется скорость тела и/или происходит его деформация. *Единица силы* в СИ – *ньютон* ($1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$). Один ньютон это сила, которая телу массой 1 кг сообщает ускорение $1 \text{ м}/\text{с}^2$. Обычно на тело одновременно действует несколько других тел. Одновременное действие на тело нескольких сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ независимо от их природы эквивалентно действию на него одной равнодействующей силы, равной векторной сумме этих сил

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n \quad (3.1)$$

Формула (3.1) – это так называемый *принцип суперпозиции* (допущение, согласно которому результирующий эффект нескольких независимых воздействий есть сумма



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 31 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

эффектов, вызываемых каждым воздействием в отдельности) сил. Для определения равнодействующей всех сил действующих на тело используют следующий алгоритм.

Алгоритм расчета равнодействующей нескольких сил:

1. Изобразите на рисунке все силы $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, действующие на тело.
2. Выберите взаимно перпендикулярные координатные оси OX и OY таким образом, чтобы большинство сил было параллельно этим осям, и запишите проекции всех сил на эти оси: $F_{1x}, F_{2x}, \dots, F_{nx}; F_{1y}, F_{2y}, \dots, F_{ny}$.
3. Вычислите проекции F_x и F_y равнодействующей силы как алгебраические суммы проекций слагаемых сил:

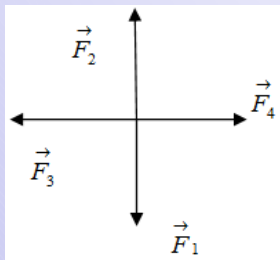
$$F_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx}, F_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny}$$

4. Вычислите по теореме Пифагора модуль равнодействующей силы:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Пример решения задачи

На реактивный самолет действуют в вертикальном направлении сила тяжести $F_1 = 550$ кН и подъемная сила $F_2 = 555$ кН, а в горизонтальном направлении – сила тяги $F_3 = 162$ кН и сила сопротивления воздуха $F_4 = 150$ кН. Найти значение равнодействующей силы.



$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = F_3 - F_4 = 12 \text{ кН}$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = F_2 - F_1 = 5 \text{ кН}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 13 \text{ кН}$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 32 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Основные законы динамики были сформулированы в 80-х годах XVII столетия Ньютоном. Они представляют собой обобщение результатов многовекового человеческого опыта. Приведем современные формулировки трех законов Ньютона.

Первый закон Ньютона (закон инерции): всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, пока воздействие других тел не выведет его из этого состояния.

Свойство тел сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения называется *инертностью* (от латинского *inertia* – *бездеятельность*). Опыт показывает, что при одинаковом воздействии различные тела по-разному изменяют свою скорость. Иными словами, одинаковые воздействия вызывают у различных тел различные ускорения. Следовательно, величина ускорения, приобретаемого телом, зависит не только от величины воздействия, но и от некоторого собственного свойства тела. Это свойство тела характеризуют физической величиной, называемой *массой* (от латинского *massa* – *кусоч*). В этом смысле можно сказать, что масса есть мера инертных свойств тела. Обозначают массу – *m*. Единица измерения массы в системе СИ – *кг (килограмм)*. Единица массы *килограмм*, который равен массе платиново-иридиевого сплава (90% Pt, 10% Ir) в виде цилиндрического цилиндра диаметром и высотой 39 мм, хранимого в Международном бюро мер и весов в Севре (Франция).

Системы отсчета, в которых выполняется первый закон Ньютона, называются *инерциальными*. В этих системах отсчета движение тела выглядит особенно простым. Тела, не подверженные воздействию других тел, движутся относительно таких систем без ускорения, т. е. прямолинейно и равномерно. *Неинерциальной системой отсчета* называется система отсчета, относительно которой тело, не подверженное воздействию других тел, движется с ускорением.

Второй закон Ньютона: ускорение \vec{a} , приобретаемое телом под действием силы \vec{F} , направлено так же, как сила, а по величине пропорционально силе и обратно



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 33 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

пропорционально массе тела:

$$\vec{a} = k \frac{\vec{F}}{m}, \quad (3.2)$$

где k – коэффициент пропорциональности, зависящий от выбора единиц измерения. Единицу измерения силы можно, выбрать так, чтобы $k = 1$. Тогда:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (3.3)$$

В таком математическом виде принято выражать второй закон Ньютона (основной закон динамики поступательного движения). Подчеркнем, что под \vec{F} , подразумевается векторная сумма (равнодействующая) всех сил, действующих на тело.

Если одно тело действует на второе, то в свою очередь второе тело действует на первое. Например, груз, давящий на опору, испытывает давление со стороны этой опоры. Соотношение между силами, приложенными к взаимодействующим телам, описывается *третьим законом Ньютона* (закон действия и противодействия): два взаимодействующих тела действуют друг на друга с силами, равными по величине и противоположными по направлению

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}, \quad (3.4)$$

где \vec{F}_{12} – сила действия первого тела на второе, \vec{F}_{21} – сила действия второго тела на первое. Решение задач на законы Ньютона предполагает использование всех трех законов в своей совокупности. При этом используют следующий алгоритм.

Алгоритм решения задач на законы Ньютона:

1. Изобразите на рисунке все силы $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, действующие на тело.
2. Запишите второй закон Ньютона в векторной форме:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m\vec{a}$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 34 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

3. Выберите взаимно перпендикулярные координатные оси OX и OY таким образом, чтобы большинство сил было параллельно этим осям, и запишите через проекции соответствующие этому векторному уравнению скалярные уравнения:

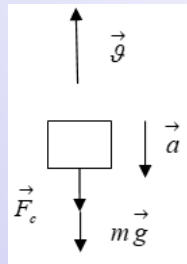
$$F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = ma_x$$

$$F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = ma_y$$

4. Получите искомую величину, решив данную систему уравнений, используя, если надо, дополнительные физические законы и формулы.

Пример решения задачи

Тело массой 1 кг, брошенное вертикально вверх со скоростью 40 м/с, достигло высшей точки подъема через 2,5 с. Найдите значение силы сопротивления воздуха, считая ее постоянной.



Запишем второй закон Ньютона (формула (3.3)) в векторном виде: $\vec{F}_c + m\vec{g} = m\vec{a}$.

Направим ось OY вертикально вниз и спроектируем на нее записанное векторное уравнение: $F_c + mg = ma$.

Величину ускорения найдем из кинематики (формула (2.10)), учитывая, что скорость в верхней точке равна 0: $0 = v_0 - at$. Получаем $F_c = m(a - g) = m(\frac{v_0}{t} - g) = 6 \text{ Н}$.

До сих пор мы рассматривали силы вообще, не интересуясь их происхождением. Рассмотрим некоторые разновидности сил.

Сила может деформировать тело – сместить составляющие его частицы относительно друг друга. В соответствии с третьим законом Ньютона внутри тела возникает противодействующая сила противоположная по направлению деформирующей силе. Данную силу называют *силой упругости*. Силы упругости обусловлены взаимодействием между молекулами и атомами тела и имеют электромагнитную природу.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 35 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

ду. Величина силы упругости возникающей при малых деформациях определяется законом Гука:

$$F_{\text{упр}} = -k\Delta x, \quad (3.5)$$

где k – коэффициент пропорциональности, называемый жесткостью или коэффициентом жесткости; Δx – величина деформации (смещение). Знак минус указывает на противоположность направления силы упругости и смещения.

Пример решения задачи

Грузовик взял на буксир легковой автомобиль массой 2 т и, двигаясь равноускоренно, за 50 с проехал 400 м. На сколько при этом удлинился трос, соединяющий автомобили, если его жесткость $k = 2 \cdot 10^6$ Н/м. Трение не учитывать.

$F_{\text{упр}} = -k\Delta x$ (смотри соотношение (3.5)). По абсолютной величине $\Delta x = \frac{F_{\text{упр}}}{k}$. Сила упругости троса сообщает легковому автомобилю ускорение, поэтому $F_{\text{упр}} = ma$. Так как $s = \frac{at^2}{2}$, то $a = \frac{2s}{t^2}$. Следовательно, $\Delta x = \frac{2ms}{kt^2} = 1,6 \cdot 10^{-3}$ м = 1,6 мм.

Сила тяготения (гравитационная сила) (от латинского слова *gravitas* – тяжесть) – сила с которыми притягиваются друг к другу все материальные тела во Вселенной. Данное взаимодействие тел осуществляется посредством гравитационного поля (поля тяготения). Гравитационная сила описывается законом всемирного тяготения, открытым Ньютоном в 1667 году. Согласно этому закону любые две материальные точки притягиваются друг к другу с силой $F_{\text{гп}}$, пропорциональной произведению их масс (m_1 и m_2) и обратно пропорциональной квадрату расстояния r между ними:

$$F_{\text{гп}} = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (3.6)$$

Коэффициент пропорциональности γ называется гравитационной постоянной. На данный момент времени опытным путем установлено, что численное значение



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 36 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

$\gamma \approx 6,67428 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$. Если тела нельзя считать материальными точками, их представляют как совокупность материальных точек и, геометрически суммируя силы взаимодействия отдельных точек, находят результирующую силу тяготения между ними.

Из закона всемирного тяготения следует, что масса характеризует не только инертные свойства тел, но и *гравитационные свойства*.

Пример решения задачи

Найти силу гравитационного взаимодействия Луны и Земли. Среднее расстояние от Земли до Луны – 384 тыс. км. Масса Земли – $5,97 \cdot 10^{24}$ кг, масса Луны – $7,32 \cdot 10^{22}$ кг. Согласно формуле (3.6):

$$F_{\text{гп}} = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,97 \cdot 10^{24} \cdot 7,32 \cdot 10^{22}}{(3,84 \cdot 10^8)^2} = 1,98 \cdot 10^{20} \text{ Н}$$

Вблизи поверхности Земли все тела падают с одинаковым ускорением, которое называют *ускорением свободного падения* и обозначают \vec{g} . Среднее значение ускорения свободного падения определяется выражением:

$$g = \gamma \frac{M_3}{R_3^2} \approx 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, \quad (3.7)$$

где M_3 – масса Земли, R_3 – радиус Земли. Так, как Земля не является идеальным шаром («сплюснута» у полюсов) значение \vec{g} зависит от широты. С ростом высоты значение \vec{g} уменьшается. Таким образом, в системе отсчета связанной с Землей, на всякое тело действует сила:

$$\vec{F} = m\vec{g} \quad (3.8)$$

Эта сила называется *силой тяжести*. По величине она приблизительно равна (отличие не превышает 0,36%) силе гравитационного притяжения тела к Земле.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 37 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Данное различие обусловлено тем, что строго говоря, система отсчета связанная с Землей не является инерциальной (вращается с нормальным ускорением \vec{a}_n). В результате сила гравитации, действующая на тело и направленная к центру Земли, раскладывается на две составляющие силы. Одна составляющая направлена также как \vec{a}_n , вторая по отвесу – ее и называют силой тяжести. Силу тяжести не следует путать с весом тела. *Вес тела* \vec{P} – это сила, с которой тело действует на подвес или опору вследствие гравитационного притяжения к Земле. Сила тяжести \vec{F} – это сила, действующая на тело вблизи поверхности Земли вследствие гравитационного притяжения к Земле. Сила тяжести имеет гравитационную природу, вес тела электромагнитную. У данных сил разные точки приложения: вес приложен к опоре или подвесу, сила тяжести к самому телу (рисунок 3.1).

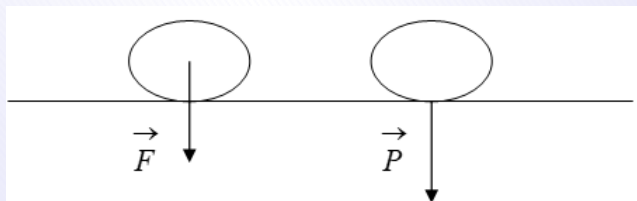


Рисунок 3.1

Если опора или подвес покоятся относительно Земли или движутся без ускорения, то сила тяжести равна весу тела:

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (3.9)$$

Если опора или подвес движется с ускорением \vec{a} , вес тела перестает быть равным силе тяжести. Используя второй ($\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$) и третий ($\vec{N} = -\vec{P}$) законы Ньютона можно получить, что в данном случае:

$$\vec{P} = m\vec{g} - m\vec{a} = m(\vec{g} - \vec{a}) \quad (3.10)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 38 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

При движении опоры или подвеса с ускорением \vec{a} равным \vec{g} вес тела становится равным нулю. Тело не будет оказывать давление на опору и наступает так называемое состояние *невесомости*. Формула (3.10) объясняет возникновение *перегрузки* – увеличение веса тела, вызванное его ускоренным движением относительно инерциальной системы отсчета. Численно перегрузка n (коэффициент перегрузки) равна:

$$n = \frac{P}{mg} \quad (3.11)$$

Пример решения задачи

Какое расстояние пройдет тело, свободно падая без начальной скорости в течение 3 с у поверхности планеты, радиус которой на одну треть меньше радиуса Земли, а средняя плотность вещества на 40% меньше, чем средняя плотность Земли. $g_3 = 10 \frac{M}{c^2}$.

За время t тело пройдет путь $s = \frac{g_n t^2}{2}$ (формула (2.14)), где g_n – ускорение свободного падения у поверхности планеты. Выразим ускорение свободного падения через среднюю плотность вещества планеты ρ_n .

$$g_n = \gamma \frac{M_n}{R_n^2} = \gamma \frac{\rho_n \frac{4}{3} \pi R_n^3}{R_n^2} = \frac{4}{3} \pi \gamma \rho_n R_n$$

Запишем в таком же виде ускорение свободного падения на Земле $g_3 = \frac{4}{3} \pi \gamma \rho_3 R_3$.

Тогда $\frac{g_n}{g_3} = \frac{\rho_n R_n}{\rho_3 R_3} = \frac{0,6 \rho_3 \frac{2}{3} R_3}{\rho_3 R_3} = 0,4$ и $g_n = 0,4 g_3$.

Подставляя g_n в формулу для s , получаем 18 м.

При движении спутника массой m по круговой орбите на высоте h над поверхностью планеты сила гравитации создает центростремительное ускорение $a = \frac{g^2}{R+h}$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 39 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Согласно второму закону Ньютона (формула (3.3)) $\vec{F} = m\vec{a}$ и (формула (3.6)) $F = \gamma \frac{M \cdot m}{(R+h)^2}$, где M – масса планеты, можно записать, что $\gamma \frac{M \cdot m}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{R+h}$. Тогда скорость движения спутника по орбите

$$v = \sqrt{\frac{\gamma M}{R+h}} \quad (3.12)$$

Первая космическая скорость v_1 – минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно стало спутником планеты (двигалось по орбите вблизи ее поверхности, $h \ll R$). Для Земли $v_1 = 7,9 \cdot 10^3$ м/с.

Пример решения задачи

Во сколько раз период обращения спутника, вращающегося на расстоянии 21600 км от поверхности Земли, больше периода обращения спутника, движущегося на расстоянии 600 км от ее поверхности? Радиус Земли $R = 6400$ км.

Запишем уравнения движения спутников. Для первого спутника: $F_1 = m_1 a_1$ (формула (3.3), $F_1 = \gamma \frac{M \cdot m_1}{r_1^2}$ (формула (3.6)), $a_1 = \omega_1^2 r_1 = \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 r_1$ (формула (2.19)), $\gamma \frac{M \cdot m_1}{r_1^2} = m_1 \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 r_1$. Аналогично для второго: $\gamma \frac{M \cdot m_2}{r_2^2} = m_2 \left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2 r_2$, где $r_1 = R + h_1$, а $r_2 = R + h_2$, поделив уравнения, друг на друга получим: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$ и $\frac{T_1}{T_2} = 8$.

Очень распространенным взаимодействием тел является трение. Природа сил трения электромагнитная, в их основе лежат электрические силы взаимодействия между молекулами соприкасающихся тел. Трение подразделяется на внешнее и внутреннее. Внешнее трение возникает при соприкосновении поверхностей разных тел движущихся относительно друг друга. Внутреннее возникает между слоями одного и того же тела (жидкость, газ). Различают также сухое и жидкое (вязкое) трение. Сухое возникает между поверхностями твердых тел в отсутствии жидкой



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 40 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

или газообразной прослойки. Жидкое трение это трение между твердым телом и жидкостью (газом) или слоями жидкости (газа). Помимо этого выделяют трение покоя, трение скольжения и трение качения (возникает между цилиндрическим или шарообразным телом и поверхностью).

Трение покоя – трение, возникающее между соприкасающимися, но неподвижными относительно друг друга телами при попытке сдвинуть одно из них. *Сила трения покоя* $\vec{F}_{\text{тр.п.}}$ – равна по модулю и противоположна по направлению тангенциальной составляющей \vec{F}_s внешней силы \vec{F} , приложенной к данному телу и стремящейся сдвинуть его с места $\vec{F}_{\text{тр.п.}} = -\vec{F}_s$ (см. рис. 3.2).

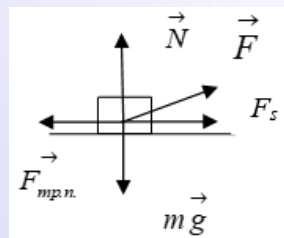


Рисунок 3.2

С увеличением модуля силы \vec{F}_s сила трения покоя точно также возрастает и достигает своего максимального по модулю значения $\vec{F}_{\text{тр. макс}}$ перед тем моментом, когда тело сдвигается с места:

$$0 \leq \vec{F}_{\text{тр.п.}} \leq \vec{F}_{\text{тр. макс.}} \quad (3.13)$$

Максимальная сила трения покоя $\vec{F}_{\text{тр. макс}}$ прямо пропорциональна модулю силы нормальной реакции опоры \vec{N} :

$$\vec{F}_{\text{тр. макс}} = \mu_0 N, \quad (3.14)$$

где μ_0 – коэффициент трения покоя – безразмерная физическая величина, не зависящая от площади соприкасающихся поверхностей.

Трение скольжения – трение, возникающее между соприкасающимися телами при движении одного тела по поверхности другого. *Сила трения скольжения*, действующая на данное тело прямо пропорциональна модулю силы нормальной реакции опоры \vec{N} :

$$\vec{F}_{\text{тр.ск.}} = \mu N, \quad (3.15)$$

где μ – коэффициент трения скольжения, безразмерная физическая величина, зависящая от материала соприкасающихся поверхностей и не зависящая от площади соприкасающихся поверхностей.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 41 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Тело массой 1 кг находится на горизонтальной плоскости. На тело действует горизонтальная сила 2 Н. Определите силу трения, если коэффициент трения 0,3.

Стандартная ошибка заключается в том, что для силы трения не задумываясь, применяют формулу $F_{\text{тр.}} = \mu N$. Так как $N - mg = 0$ (проекция уравнения движения на вертикальную ось), то $F_{\text{тр.}} = \mu mg$ и получают значение 3 Н, больше чем сила тяги в 2 Н. Дело в том, что формула $F_{\text{тр.}} = \mu N$ применима для максимальной силы трения покоя (формула (3.14)) или трения скольжения (формула (3.15)). Сила трения в данном случае определяется из проекции уравнения движения на горизонтальную ось: $F - F_{\text{тр.}} = 0$, т. е. $F = F_{\text{тр.}} = 2$.

Пример решения задачи

Брусok массой m тянут по горизонтальной поверхности, прикладывая силу F под углом α к горизонту. При этом брусok за время t увеличил свою скорость от v_0 до v двигаясь в одну сторону. Найти коэффициент трения бруска о поверхность.

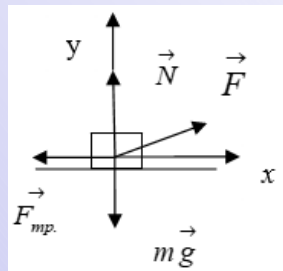
По второму закону Ньютона (формула (3.3)):

$$\vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр.}} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Запишем проекции уравнения движения на оси:

$$Ox : F \cos \alpha - F_{\text{тр.}} = ma$$

$$Oy : F \sin \alpha + N - mg = 0$$



Сила трения $F_{\text{тр.}} = \mu N = \mu(mg - F \sin \alpha)$. Из этих уравнений выражаем коэффициент трения:

$$\mu = \frac{F \cos \alpha - ma}{mg - F \sin \alpha}$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 42 из 300

Назад

На весь экран

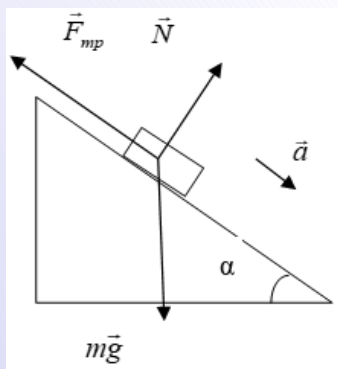
Закрыть

Выражение для ускорения получим из кинематики (формула (2.10)): $a = \frac{v-v_0}{t}$.

Окончательно: $\mu = \frac{F \cos \alpha - m \frac{v-v_0}{t}}{mg - F \sin \alpha}$.

Пример решения задачи

За сколько секунд маленькая шайба соскользнет с наклонной плоскости высотой 2,5 м и углом наклона 60° к горизонту? Коэффициент трения $\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$.



Запишем второй закон Ньютона для нашего случая: $\vec{N} + \vec{F}_{тр.} + m\vec{g} = m\vec{a}$ (формула (3.3)). Направим ось x параллельно плоскости (по ускорению), а ось y – перпендикулярно ей, и спроектируем уравнение движения на эти оси

$$Ox : mg \sin \alpha - F_{тр.} = ma$$

$$Oy : N - mg \cos \alpha = 0$$

Дополнив это уравнение формулой (3.15) для силы трения: $F_{тр.} = \mu N$ получим систему уравнений, из которой выразим ускорение: $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$. Время соскальзывания найдем из кинематики $\frac{h}{\sin \alpha} = \frac{at^2}{2}$. Откуда получаем

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g \sin \alpha (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}} = 1 \text{ с.}$$

В механике под связанными телами понимают тела, перемещение которых ограничено другими телами. При решении задач, в которых рассматривается движение системы связанных между собой тел, необходимо записать уравнения движения (второй закон Ньютона) для каждого тела в отдельности. Также записывают уравнения, выражающие кинематические условия, которые связывают ускорения



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 43 из 300

Назад

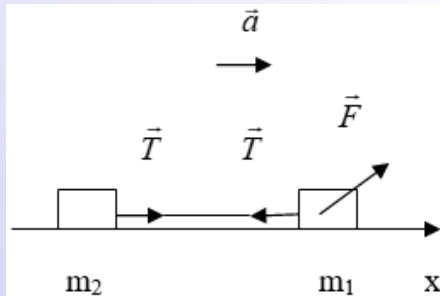
На весь экран

Закрыть

отдельных тел системы. В результате получают систему уравнений, в которой число уравнений равно числу неизвестных величин. Если тела связаны нитью, массой которой можно пренебречь, силу натяжения нити считают одинаковой по всей ее длине. Если нить перекинута через блок, то равенство сил натяжения со стороны соседних частей нити выполняется только в том случае, когда можно пренебречь массами нити и блока, а также силами трения, которые возникают при вращении блока.

Пример решения задачи

По гладкой горизонтальной поверхности движутся два тела, связанные невесомой и нерастяжимой нитью, под действием силы 10 Н , приложенной к первому телу и направленной под углом 60° к горизонту. Чему равна сила натяжения нити, если масса первого тела в $1,5$ раза больше массы второго?



В данной задаче трение отсутствует, и силы реакции опоры использовать не надо. Так как нить невесома и нерастяжима, сила натяжения нити вдоль ее длины постоянна и ускорение обоих тел одинаково. Запишем в проекции на горизонтальную ось второй закон Ньютона для каждого тела:

$$F \cos \alpha - T = m_1 a$$

$$T = m_2 a$$

Из этой системы уравнений выражаем силу натяжения нити:

$$T = \frac{F \cos \alpha}{1 + \frac{m_1}{m_2}} = 2\text{ Н}$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 44 из 300

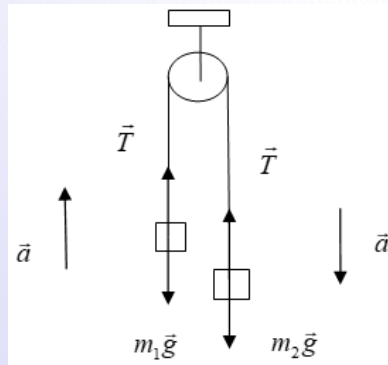
Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Через блок с неподвижной осью перекинута невесомая и нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены грузы массами $m_1 = 400$ г и $m_2 = 600$ г. Найдите ускорение грузов.



Направим вертикальные оси для первого груза по ускорению вверх, для второго груза по ускорению вниз. Запишем второй закон Ньютона (формула (3.3)) для обоих тел в проекции на вертикальную ось:

$$T - m_1g = m_1a$$

$$m_2g - T = m_2a$$

Складывая уравнения, выразим ускорение грузов:

$$a = \frac{(m_2 - m_1)g}{m_2 + m_1} = 2 \text{ м/с}^2$$

Давление – скалярная физическая величина равная отношению модуля силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности:

$$p = \frac{F}{S} \quad (3.16)$$

Единица давления в СИ – паскаль: $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$.

Внесистемные единицы давления:

- физическая атмосфера (атм): $1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па}$;
- техническая атмосфера (ат): $1 \text{ ат} = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$;
- миллиметр ртутного столба (мм.рт.ст.): $1 \text{ мм.рт.ст} = 1333,3 \text{ Па}$;
- бар: $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 45 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Для жидкости (газа) справедлив *Закон Паскаля*: давление, производимое на жидкость или газ, передается на любую точку одинаково во всех направлениях. На законе Паскаля основано действие сообщающихся сосудов и гидравлического пресса.

Гидростатическое давление – давление покоящейся жидкости в какой-либо точке, обусловленное слоем вышележащей жидкости. Гидростатическое давление несжимаемой жидкости на глубине h равно весу вертикального столба жидкости единичного сечения:

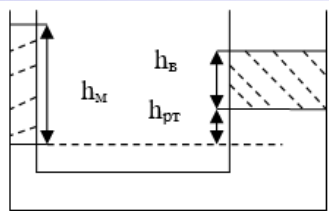
$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho gV}{S} = \rho gh \quad (3.17)$$

Из (3.17) следует, что гидростатическое давление не зависит от формы сосуда и площади его дна. Кроме того из (3.17) видно, что в однородной жидкости давление на одном и том же горизонтальном уровне одинаково.

Если над данной несжимаемой жидкостью находится газ, другая жидкость или поршень, которые оказывают давление p_0 на поверхность данной жидкости, то давление на глубине h данной жидкости определяется формулой:

$$p = p_0 + \rho gh \quad (3.18)$$

Пример решения задачи



В сообщающиеся сосуды с ртутью долили: в один сосуд столб масла высотой 30 см, в другой сосуд столб воды высотой 20,2 см. Определите разность уровней (в мм) ртути в сосудах. Плотность ртути 13600 кг/м^3 , масла 900 кг/м^3 .

Предполагая, что граница с маслом находится ниже, чем граница с водой (если это не так, то ответ будет правильный по величине, но отрицательный) приравняем давления на горизонтальном уровне, проходящем



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 46 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

по границе ртути и масла (равенство давлений на одном уровне следствие закона Паскаля):

$$p_M = p_{рт} + p_B$$

Воспользовавшись (3.17)) получим:

$$\rho_M g h_M = \rho_{рт} g h_{рт} + \rho_B g h_B$$

Отсюда находим разность уровней ртути в сосудах:

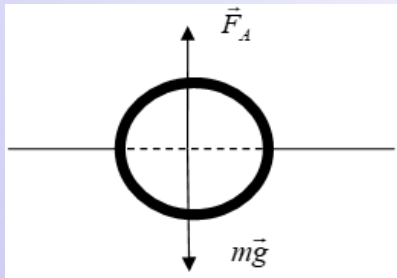
$$h_{рт} = \frac{\rho_M h_M - \rho_B h_B}{\rho_{рт}} = 5 \text{ мм.}$$

На тело, погружённое в жидкость или газ, действует выталкивающая или подъёмная сила, равная весу объёма жидкости или газа, вытесненного частью тела, погружённой в жидкость или газ. Закон открыт Архимедом в III веке до н. э.

$$F_A = \rho_{ж} g V_n, \quad (3.19)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости (газа), V_n – объём части тела, погружённой в жидкость или газ.

Пример решения задачи



Полый шар плавает в жидкости, наполовину погружившись в нее. Какую долю объема шара (в процентах) составляет его внутренняя полость? Плотность жидкости в два раза меньше плотности вещества шара.

Условие плавания шара имеет вид:

$$F_A = mg$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 47 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Согласно формуле (3.19): $F_A = \rho_{жс} g V_n$, где $V_n = \frac{V}{2}$, а V – объем всего шара. Масса шара $m = \rho (V - V_1)$, где ρ – плотность материала шара, V_1 – объем полости. Приходим к уравнению $\rho_{жс} g \frac{V}{2} = \rho g (V - V_1)$, из которого с учетом того, что $\rho_{жс} = \frac{\rho}{2}$ находим, $\frac{V_1}{V} = 0,75$ т. е. 75%.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 48 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Лекция 4. Законы сохранения в механике

Импульс тела. Импульс механической системы. Теорема об изменении импульса. Закон сохранения импульса. Механическая работа. Мощность. Кинетическая и потенциальная энергия. Теорема об изменении кинетической энергии. Закон сохранения полной механической энергии. Превращения энергии при действии сил тяжести, сил упругости, сил трения. Упругие столкновения и неупругие столкновения. КПД.

Литература: [1, с. 81–101], [2, с. 49–63]

Второй закон Ньютона можно записать в другой форме. На основании формул (2.5) и (3.3):

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \text{ и } \vec{F} = m\vec{a},$$

тогда

$$\vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}, \quad (4.1)$$

где физическая величина:

$$\vec{p} = m\vec{v}, \quad (4.2)$$

равная произведению массы тела на его скорость называется *импульсом тела*.

На практике для вычисления изменения импульса тела $\Delta \vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$ необходимо выбрать инерциальную систему отсчета, задать в ней систему координат и найти проекции изменения импульса тела на координатные оси: $\Delta p_x = p_{2x} - p_{1x}$ и $\Delta p_y = p_{2y} - p_{1y}$. Найти модуль изменения импульса тела: $\Delta p = \sqrt{\Delta p_x^2 + \Delta p_y^2}$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 49 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Тело массой 2 кг свободно падает без начальной скорости с высоты 5 м на горизонтальную поверхность и отскакивает от нее со скоростью 5 м/с. Найдите абсолютную величину изменения импульса тела при ударе.

В проекции на ось направленную горизонтально получаем $\Delta p_x = p_{2x} - p_{1x} = 0$. В проекции на ось направленную вертикально вверх получаем $\Delta p_y = p_{2y} - p_{1y} = m\vartheta_2 - (-m\vartheta_1) = m(\vartheta_2 + \vartheta_1)$, где $\vartheta_2 = 5$ м/с, а $\vartheta_1 = \sqrt{2gh} = 10$ м/с. $\Delta p = \sqrt{\Delta p_x^2 + \Delta p_y^2} = \sqrt{\Delta p_y^2} = \Delta p_y = 30$ кг·м/с.

Пример решения задачи

Какова средняя сила давления на плечо при стрельбе из автомата, если масса пули 8 г, а скорость пули при вылете 715 м/с. Автомат делает 120 выстрелов в минуту.

Рассмотрим систему, состоящую из автомата и пули. Воспользовавшись формулой (4.1) можно записать: $F\Delta t = \Delta N(m\vartheta - 0)$, где ΔN – число пули, вылетевших за время Δt . $\Delta N = n\Delta t$, где n – число выстрелов в секунду ($n = 120 \text{ мин}^{-1} = 2 \text{ с}^{-1}$). Получаем $F = n m \vartheta = 11,44$ Н.

Совокупность тел, выделенных для рассмотрения, называется *механической системой*. Сумма импульсов всех тел составляющих механическую систему называется *импульсом механической системы*:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n \quad (4.3)$$

На практике для вычисления импульса системы тел $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$ нужно выбрать инерциальную систему отсчета, задать в ней систему координат и найти проекции импульсов каждого тела на координатные оси: $p_{1x}, p_{2x}, \dots, p_{nx}$ и $p_{1y}, p_{2y}, \dots, p_{ny}$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 50 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Найти проекции импульса системы тел на координатные оси: $p_x = p_{1x} + p_{2x} + \dots + p_{nx}$, $p_y = p_{1y} + p_{2y} + \dots + p_{ny}$. Вычислить модуль импульса системы по формуле: $p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$.

Тела системы могут взаимодействовать как между собой, так и с телами, не входящими в систему. В соответствии с этим силы, действующие на тела системы, подразделяются на *внутренние* и *внешние*. *Внутренними* называют силы, с которыми тела системы действуют друг на друга, *внешними* – силы, обусловленные воздействием тел, не принадлежащих системе. Система, в которой внешние силы отсутствуют, называется *замкнутой* (или *изолированной*). Для изолированной системы справедлив следующий закон:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \text{const} \quad (4.4)$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 + \dots + \vec{p}'_n \quad (4.5)$$

Формулы (4.4) и (4.5) выражают *закон сохранения импульса*: в изолированной (замкнутой) системе векторная сумма импульсов всех тел остается величиной постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой. Закон сохранения импульса находит широкое отражение в технике и природе. Именно выполнением закона сохранения импульса объясняется *реактивное движение* – движение тела, возникающее при отделении от него с некоторой относительной скоростью какой то части тела (движение ракет, явление отдачи при выстреле и т. д.). Тело (ракета, ружье) приобретает импульс, равный по величине импульсу отделившегося тела (газ, пуля). Данный вид движения используется некоторыми живыми организмами, которые передвигаются посредством отдачи воды, выбрасываемой ими из особых полостей тела.

Методические рекомендации по решению задач на закон сохранения импульса

1. Определите, какие тела включены в рассматриваемую замкнутую систему.
2. Сделайте рисунок, изобразив на нем импульсы всех тел системы в начальный и конечный момент времени.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 51 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

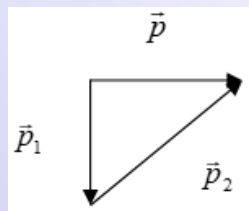
3. Запишите закон сохранения импульса в векторном виде (4.5).
4. Выберите систему координат так, чтобы большинство векторов были параллельны осям.
5. Запишите закон сохранения импульса в проекциях на оси координат (в случае системы замкнутой по одному направлению на одну ось):

$$p_{1x} + p_{2x} + \dots + p_{nx} = p'_{1x} + p'_{2x} + \dots + p'_{nx}$$

$$p_{1y} + p_{2y} + \dots + p_{ny} = p'_{1y} + p'_{2y} + \dots + p'_{ny}$$

Пример решения задачи

Снаряд, летящий с некоторой скоростью, распадается на два осколка. Скорость большего осколка по величине равна начальной скорости снаряда и направлена перпендикулярно к ней. Скорость другого осколка по величине в 5 раз больше первоначальной. Найдите отношение масс осколков.



Запишем для нашего случая закон сохранения импульса в векторной форме (формула (4.4)): $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$ или $(m_1 + m_2)\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$, где \vec{v} – начальная скорость снаряда, \vec{v}_1 – скорость большего осколка, \vec{v}_2 – меньшего. Изобразив это равенство на рисунке, получим прямоугольный треугольник, стороны которого связаны теоремой Пифагора: $p_2^2 = p_1^2 + p^2$ или $m_2^2 v_2^2 = m_1^2 v_1^2 + (m_1 + m_2)^2 v^2$. Подставив сюда $v_1 = v$ и $v_2 = 5v$ получим уравнение: $m_1^2 + m_1 m_2 - 12 m_2^2 = 0$. Разделив это уравнение на m_2^2 , получим квадратное уравнение для искомой величины $x = \frac{m_1}{m_2}$:

$$x^2 + x - 12 = 0$$

Сохраняя только положительный корень, получаем $x = 3$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

«»

Страница 52 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

При прямолинейном движении под действием постоянной силы \vec{F} , которая составляет некоторый угол α с направлением перемещения \vec{r} , работа этой силы равна:

$$A = F |\vec{r}| \cos \alpha = F s \cos \alpha \quad (4.6)$$

Единицей измерения работы является *джоуль (Дж)*: $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Таким образом, 1 Дж – это работа, совершаемая силой в 1 Н при перемещении тела на 1 м в направлении действия силы.

При $0 \leq \alpha < 90^\circ$ работа положительна; при $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ работа силы отрицательна – сила препятствует движению (обычно отрицательная работа у сил трения, сопротивления воздуха); если угол между направлением силы и перемещением равен 90° – работа силы равна 0. В общем случае сила может изменяться как по величине, так и по направлению. Поэтому формулой (4.6) в этом случае пользоваться нельзя. Но такие задачи в курсе элементарной физики не рассматривают.

Пример решения задачи

Санки массой 18 кг равномерно перемещают по горизонтальному участку дороги с помощью веревки, наклоненной под углом 30° к горизонту. Коэффициент трения $0,08$. Найдите работу силы натяжения на пути 100 м .

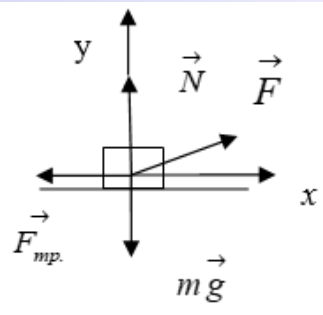
Из второго закона Ньютона (формула (3.3)) в проекциях на оси x и y :

$$Ox : F \cos \alpha - F_{\text{тр.}} = 0$$

$$Oy : F \sin \alpha + N - mg = 0$$

и формулы (3.15) для силы трения

$$F_{\text{тр.}} = \mu N = \mu(mg - F \sin \alpha)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

◀ ▶

Страница 53 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Выразим силу натяжения и подставим в формулу для работы (4.6). Получим

$$A = \frac{\mu mg \cos \alpha}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = 1376 \text{ Н}$$

Чтобы охарактеризовать скорость совершения работы вводится понятие мощности (P), т. е. работы совершаемой в единицу времени. Средняя мощность определяется выражением

$$P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \quad (4.7)$$

Единицей измерения мощности в СИ служит *ватт* ($Вт$): $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$. Единица измерения в 10^3 большая называется *киловаттом* ($кВт$). Из формулы (4.7) вытекает внесистемная единица измерения работы, используемая в быту – *киловатт-час*: $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$. В технике часто применяется единица мощности, именуемая лошадиной силой (л.с.): $1 \text{ л.с.} = 736 \text{ Вт}$.

Пример решения задачи

Какую среднюю мощность (в $кВт$) развивает при разбеге самолет массой 1 т , если длина разбега 300 м , взлетная скорость 300 м/с , а сила сопротивления движению 300 Н ?

Средняя мощность силы тяги (формула (4.7)) равна

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv_{\text{ср}} = F\frac{v}{2},$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость. Чтобы найти силу тяги, запишем второй закон Ньютона

$$F - F_c = ma$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 54 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Ускорение найдем из уравнений кинематики (2.12) и ((2.14)):

$$a = \frac{v^2}{2s}$$

Получаем

$$P = \left(m \frac{v^2}{2s} + F_c \right) \frac{v}{2} = 27 \text{ кВт}$$

Энергия (E) – важнейшая физическая величина, являющаяся количественной мерой движения и взаимодействия всех видов материи. Понятие энергии связывает воедино все явления природы. В соответствии с различными видами движения рассматривают различные виды энергии: механическую, электромагнитную, ядерную и др. В данном разделе речь будет идти о *механической энергии*, которая характеризует способность системы совершать механическую работу. Например, если катящийся шар, сталкиваясь с другим шаром, перемещает его, он совершает работу, – следовательно, обладает энергией. Система, состоящая из Земли и того же шара, поднятого на некоторую высоту h над ее поверхностью в случае устранения опоры или подвеса тоже может совершить работу. Энергией обладает и деформированное тело (например, растянутая пружина). Если устранить причину деформации, пружина, сокращаясь, совершит работу по перемещению своих частей или другого тела. Из приведенных примеров видно, что механическая энергия связана либо с движением тел – в этом случае ее называют *кинетической* (от греческого *кинетикос* – относящийся к движению), либо с взаимным расположением тел системы или их частей – в этом случае она называется *потенциальной* (от латинского *potentia* – возможность).

Кинетическая энергия поступательно движущегося тела (E_k) – скалярная физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его скорости:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (4.8)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 55 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Потенциальная энергия E_n системы состоящей из Земли и материальной точки массы m поднятой на высоту h определяется по следующей формуле:

$$E_n = mgh \quad (4.9)$$

Формулу (4.9) можно применять и для расчета потенциальной энергии системы состоящей из Земли и тела массы m поднятого на высоту h формой и размерами, которого пренебречь нельзя. В этом случае под h надо понимать высоту, на которой находится центр тяжести этого тела. *Центр тяжести* это геометрическая точка, неизменно связанная с твёрдым телом, через которую проходит равнодействующая всех сил тяжести, действующих на частицы этого тела при любом положении последнего в пространстве. Центр тяжести однородного тела, имеющего центр симметрии (прямоугольная или круглая пластины, шар, цилиндр, куб и т. д.), находится в этом центре.

Потенциальная энергия E_n упруго деформированного тела определяется выражением:

$$E_n = \frac{k\Delta l^2}{2}, \quad (4.10)$$

где k – коэффициент жесткости, Δl – величина деформации (смещение).

Численное значение и знак потенциальной энергии зависит от выбора *нулевого уровня*. Однако изменение потенциальной энергии ΔE_n от выбора нулевого уровня не зависит. *Нулевой уровень* – состояние системы, в котором потенциальная энергия этой системы полагается равной нулю. Выбор нулевого уровня определяется исключительно соображениями простоты записи уравнений при решении конкретной задачи. Например, при описании движения тела совершающего колебания на невесомой нерастяжимой нити в вертикальной плоскости, на высоте h над поверхностью земли, нулевой уровень выбрать проще в нижней точке, которую проходит тело, чем на поверхности земли.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 56 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Тело (система) может одновременно обладать как кинетической, так и потенциальной энергией (например, шар, падающий с некоторой высоты). Сумма кинетической и потенциальной энергии тела составляет его полную механическую энергию E :

$$E = E_k + E_{\text{п}} \quad (4.11)$$

В общем случае изменение энергии системы измеряется работой, которую может совершить система (или работой, которая совершается над системой), переходя из одного состояния в другое. Иными словами, работа A равна разности энергий при переходе системы из одного состояния в другое:

$$A = E_2 - E_1, \quad (4.12)$$

где E_1 и E_2 – энергии системы в начальном и конечном состоянии. Из формулы (4.12) следует, что единицей измерения энергии является *джоуль (Дж)*. Внесистемная единица измерения энергии – *калория (кал)*: $1 \text{ кал} = 4,186 \text{ Дж}$.

При решении элементарных физических задач удобно использовать выражение

$$A_{\text{вн}} + A_{\text{сопр}} = E_2 - E_1, \quad (4.13)$$

где $A_{\text{вн}}$ – работа внешних сил, $A_{\text{сопр}}$ – работа сил сопротивления (трения).

Частным случаем формулы (4.12) является *теорема об изменении кинетической энергии*

$$A = E_{k2} - E_{k1} \quad (4.14)$$

Если работа, совершаемая силами во время перемещения тела из одного положения в другое, не зависит от того, по какой траектории произошло это перемещение, а зависит только от начального и конечного положений тела, то такие силы называются *консервативными* (от англ. *conserve* – *сохранять*) или *потенциальными*.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 57 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Примерами консервативных (потенциальных) сил являются сила тяжести и сила упругости. *Работа потенциальной силы* по перемещению тела из положения 1 в положение 2 равна взятому с противоположным знаком изменению потенциальной энергии

$$A = -\Delta E_{\text{п}} = -(E_{\text{п}2} - E_{\text{п}1}) \quad (4.15)$$

Полная работа, совершаемая консервативными силами по перемещению тела по замкнутому пути, равна нулю. Для поля консервативных сил справедлив *закон сохранения механической энергии*: полная механическая энергия системы материальных точек, находящихся под действием только консервативных сил остается величиной постоянной:

$$E_1 = E_2 \quad (4.16)$$

или

$$E_{\text{п}2} + E_{\text{к}2} = E_{\text{п}1} + E_{\text{к}1} \quad (4.17)$$

Примером неконсервативных сил являются силы трения или сопротивления, которые всегда существуют в реальных физических системах. При наличии неконсервативных сил полная механическая энергия системы не сохраняется. Работа этих сил, как правило, отрицательна. Потому при наличии неконсервативных сил полная механическая энергия системы уменьшается, переходя во внутреннюю энергию тел, что приводит к их нагреванию. Такой процесс называется *диссипацией* энергии (от лат. *диссипация* – рассеяние). Но это не значит, что энергия исчезает. Механическая энергия является лишь одним из многих видов энергии. Закон сохранения механической энергии является частным случаем более универсального, всеобщего *закона сохранения энергии*. Данный закон гласит: *полное количество энергии в изолированной системе тел и полей всегда остается постоянным; энергия лишь может переходить из одной формы в другую.*



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 58 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Методические рекомендации по решению задач на закон сохранения энергии

1. Выясните, какие тела включаются в рассматриваемую физическую систему.
2. Сделайте схематический рисунок и отметьте на нем начальное и конечное состояние тел.
3. Выбрать удобную систему координат и нулевой уровень отсчета потенциальной энергии.
4. Записать формулы для кинетической и потенциальной энергии в начальном и конечном состоянии.
5. Если в системе действуют только консервативные силы воспользоваться формулой (4.17).
6. В противном случае формулой (4.13).
7. Использовать, если необходимо закон сохранения импульса (4.5).
8. Решить полученную систему уравнений.

Пример решения задачи

Тело брошено под углом к горизонту с высоты 10 м над поверхностью земли со скоростью 20 м/с. Чему будет равна его скорость на высоте 25 м?

Так как в системе действуют только консервативная сила – сила тяжести воспользуемся выражением (4.17)

$$E_{п2} + E_{к2} = E_{п1} + E_{к1}$$
$$mgh_2 + \frac{m\vartheta_2^2}{2} = mgh_1 + \frac{m\vartheta_1^2}{2}$$

Получаем

$$\vartheta_2 = \sqrt{\vartheta_1^2 + 2g(h_1 - h_2)} = 10 \text{ м/с}$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 59 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Цилиндрическая труба высотой H и толщиной стенок b построена из материала плотностью ρ . Считая, что сечение трубы есть кольцо с внутренним радиусом R , найти работу силы тяжести при постройке трубы.

Работа силы тяжести равна убыли потенциальной энергии системы (4.15)

$$A = -\Delta E_{\text{п}} = -(E_{\text{п}2} - E_{\text{п}1}) = -(mgh_2 - mgh_1),$$

где $h_1 = 0$ и $h_2 = \frac{H}{2}$ – высота центра тяжести материала до и после начала постройки.

Так как $m = \rho V$, а $V = SH = \pi H [(R + b)^2 - R^2]$

$$A = -\rho g V \frac{H}{2} = -\frac{\pi \rho b H^2 (2R + b)}{2} g$$

Пример решения задачи

Планер массой m , имевший на высоте h_1 скорость v_1 снизился до высоты h_2 , погасив скорость до v_2 , пройдя при этом путь s . Найти силу сопротивления воздуха, считая ее постоянной.

Так как в системе действует диссипативная сила, воспользуемся формулой (4.13)

$$A_{\text{вн}} + A_{\text{сопр}} = E_2 - E_1$$

Действующая на планер внешняя подъемная сила перпендикулярна скорости и работы не совершает $A_{\text{вн}} = 0$. Работа силы сопротивления отрицательная $A_{\text{сопр}} = -Fs$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

◀ ▶

◀◀ ▶▶

Страница 60 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

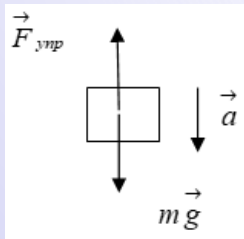
Тогда

$$-Fs = \left(mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2} \right) - \left(mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} \right)$$
$$F = \frac{mg(h_1 - h_2) + \frac{m}{2}(v_1^2 - v_2^2)}{s}$$

Пример решения задачи

К нижнему концу недеформированной пружины жесткостью 400 Н/м прикрепили груз массой 250 г и без толчка отпустили. Определите максимальную скорость груза.

Скорость груза будет максимальной в тот момент, когда становится равным нулю его ускорение:



$$\vec{F}_{\text{упр}} + m\vec{g} = 0$$

В проекции на ось y :

$$mg - kx = 0$$

Выберем нулевой уровень потенциальной энергии в данной точке. Тогда согласно закону сохранения энергии (4.17) получим:

$$mgx = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2},$$

откуда

$$v = g\sqrt{\frac{m}{k}} = 0,25 \text{ м/с}$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 61 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Центральный удар сферических тел (шаров) – столкновение тел, которые до столкновения двигались вдоль одной прямой, проходящей через их центры.

Абсолютно упругий удар – кратковременное столкновение, при котором деформация обоих сталкивающихся тел исчезает после прекращения взаимодействия. При абсолютно упругом ударе выполняется закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии, которые записываются в следующем виде:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 \quad (4.18)$$

$$\frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = \frac{m_1u_1^2}{2} + \frac{m_2u_2^2}{2}, \quad (4.19)$$

где v_1 и v_2 – скорости тел до столкновения, u_1 и u_2 – после столкновения.

Абсолютно неупругий удар – столкновение тел, в результате которого эти тела движутся как одно целое. При абсолютно упругом ударе выполняется закон сохранения импульса. Часть механической энергии сталкивающихся тел переходит в их внутреннюю энергию (теплоту). Закон сохранения импульса и закон сохранения энергии записываются в следующем виде:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u} \quad (4.20)$$

$$\frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2} + Q, \quad (4.21)$$

где v_1 и v_2 – скорости тел до столкновения, u – после столкновения, Q – количество теплоты, выделяющееся при абсолютно неупругом ударе.

Пример решения задачи

Шар массой 2 кг, имеющий скорость 6 м/с, абсолютно упруго сталкивается с неподвижным шаром массой 1 кг. Найдите скорость второго шара после удара, считая его центральным.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 62 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

При абсолютно упругом ударе выполняется закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии (4.18) и (4.19). Применим эти формулы для нашего случая:

$$m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$
$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$$

Сгруппируем члены так, чтобы все, что относится к первому телу, было слева от знака равенства:

$$m_1 (v_1 - u_1) = m_2 u_2$$
$$m_1 (v_1^2 - u_1^2) = m_2 u_2^2$$

Если мы поделим второе уравнение на первое, то получим уравнение

$$v_1 + u_1 = u_2,$$

которое, вместе с законом сохранения импульса, образует систему уравнений с двумя неизвестными. Решив эту систему, получим

$$u_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 \quad u_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

Отметим, что ответ зависит от отношения масс шаров. Если налетающий шар массивнее, он после удара продолжает движение вперед, если легче – откатывается назад, если той же массы – останавливается.

Подставляя численные данные, находим $u_2 = 8$ м/с.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 63 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Коэффициентом полезного действия называется выраженное в процентах отношение полезной работы, совершенной машиной за некоторый промежуток времени, ко всей затраченной работе (подведенной энергии) за тот же промежуток времени:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\% \quad (4.22)$$

Коэффициент полезного действия можно выразить также через полезную и затраченную мощность:

$$\eta = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{з}}} \cdot 100\% \quad (4.23)$$

Пример решения задачи

Двигатель насоса, развивая мощность до 25 кВт, поднимает 100 м³ нефти за 8 минут на высоту 6 м. Найдите КПД установки.

Воспользуемся формулой (4.22)

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\%,$$

где из (4.7) $A_{\text{з}} = P_{\text{з}}t$ и $A_{\text{п}} = E_2 - E_1 = mgh - 0 = \rho Vgh$. Окончательно получим:

$$\eta = \frac{\rho Vgh}{P_{\text{з}}t} \cdot 100\% = 40\%$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 64 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Лекция 5. Основы молекулярной физики и термодинамики

Масса и размеры молекул. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Энергия теплового движения молекул. Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы. Насыщенный и ненасыщенный пар. Зависимость температуры кипения от давления. Влажность воздуха. Свойства жидкости. Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Смачивание. Капиллярные явления. Механические свойства твердых тел. Внутренняя энергия идеального газа. Работа и количество теплоты. Уравнение теплового баланса. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам. Циклические процессы. Тепловые двигатели. КПД теплового двигателя.

Литература: [1, с. 323–377], [2, с. 287–314]

Молекулярная физика изучает физические свойства макроскопических тел (представляющих собой совокупность большого числа частиц), а также совершающиеся в них физические процессы, обусловленные тепловым движением и взаимодействием микрочастиц (атомов, молекул), составляющих эти тела. При этом используется два метода исследования: *термодинамический* и *статистический*. В первом случае все процессы в макротелах рассматриваются с энергетической точки зрения. Статистический метод оперирует статистическими закономерностями и средними значениями физических величин, характеризующих всю совокупность частиц, например, средние значения скоростей теплового движения молекул и их энергий. Каждый из этих методов нельзя рассматривать изолированно друг от друга.

Представление о том, что все тела построены из мельчайших частиц – атомов, было высказано еще в V в. до н. э. греческим философом Демокритом. Однако атомистические воззрения не получили признания и были возрождены лишь во второй



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 65 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

половине XVII в. Бойлем. Затем в XVIII–XIX вв. на основе разработок Ломоносова, Дальтона, Больцмана, Максвелла и других была создана классическая молекулярно-кинетическая теория. Эта теория основана на следующих *основных положениях*:

1. *Все вещества состоят из очень маленьких отдельных частиц – молекул.*

Молекулы в свою очередь состоят из еще более мелких частиц – атомов. Различные комбинации из атомов и создают все множество видов молекул. Атомы также не являются пределом делимости вещества, а представляют собой весьма сложные образования, состоящие из электрически положительно заряженного ядра, окруженного отрицательно заряженной электронной оболочкой. Однако классическая молекулярно-кинетическая теория не касается вопроса о строении атомов и молекул, рассматривая их упрощенно как твердые частички сферической формы диаметром в среднем порядка 10^{-9} – 10^{-10} м. Это означает, что десять миллионов молекул, уложенные вплотную друг к другу вдоль прямой линии, составят молекулярную цепочку длиной всего лишь в 1–10 мм.

2. *Между молекулами тела одновременно действуют силы взаимного притяжения и силы взаимного отталкивания.*

Силы межмолекулярного взаимодействия имеют электрическую природу, обусловленную тем, что молекулы состоят из электрически заряженных частиц (положительных – атомных ядер и отрицательных – электронов), которым, как известно, свойственно притяжение – для разноименно заряженных и отталкивание – для одноименно заряженных частиц. Наличие сил притяжения и отталкивания между молекулами отчетливо обнаруживается в свойстве твердых сохранять свою форму при деформации.

3. *Молекулы, образующие тело, находятся в состоянии непрерывного беспорядочного движения.*

При этом они сталкиваются друг с другом и изменяют свою скорость, как по направлению, так и по величине. Правда, столкновения в обычном смысле этого слова не происходит, так как соприкосновению молекул препятствуют резко возрастающие



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 66 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

при их сближении силы отталкивания. Массы молекул очень малы. Поэтому для их оценки используют специальные единицы измерения и параметры.

Атомная единица массы (1 а.е.м.) – равна 1/12 массы атома углерода ${}^{12}_6\text{C}$:
 $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Относительная атомная (молекулярная) масса A вещества (массовое число) – это безразмерное число, равное отношению массы атома (молекулы) m_0 данного вещества к атомной единице массы. Например, для ${}^{12}_6\text{C}$, $A = 12$.

Моль – это такое количество вещества, которое содержит столько молекул (частиц, атомов), сколько содержится в 12 г изотопа углерода ${}^{12}_6\text{C}$.

Число (постоянная) Авогадро – число молекул в одном моле любого вещества:
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

Молярная масса – масса одного моля данного вещества:

$$M = A \cdot 10^{-3} \text{ кг}, \quad (5.1)$$

где A – относительная атомная (молекулярная) масса вещества.

Количество вещества (число молей) можно определить при помощи следующих формул:

$$\nu = \frac{N}{N_A} \quad (5.2) \quad \text{или} \quad \nu = \frac{m}{M}, \quad (5.3)$$

где N – число молекул в веществе, N_A – число Авогадро, m – масса вещества, M – молярная масса.

Формулы для массы молекулы:

$$m_0 = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_A} \quad (5.4)$$

Концентрация вещества – физическая величина, равная числу молекул в единице объема данного вещества:

$$n = \frac{N}{V} \quad (5.5)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 67 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Единица измерения концентрации в СИ: m^{-3} .

Плотность вещества – физическая величина, равная массе этого вещества, приходящаяся на единицу его объема:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5.6)$$

Единица измерения плотности в СИ: $кг/м^3$.

Пример решения задачи

На изделие поверхность которого $S = 20 \text{ см}^2$, нанесен слой серебра толщиной $h = 1 \text{ мкм}$. Сколько атомов серебра содержится в покрытии? Молярная масса серебра 108 г/моль , плотность серебра $10,5 \text{ г/см}^3$.

Из формулы (5.4): $N = \frac{m}{M} N_A$. Так как из (5.6): $m = \rho V$, а $V = Sh$ получим

$$N = \frac{\rho Sh}{M} N_A = 1,2 \cdot 10^{20}$$

Скорость движения молекул в теле связана с его температурой: чем больше эта скорость, тем выше температура тела, поэтому хаотическое движение молекул также называют *тепловым движением*. Именно хаотичным движением молекул объясняется явление *диффузии* (от латинского *diffusio* – распространение) – перемешивание молекул различных веществ (например, распространение запаха духов в комнате). По мере увеличения интенсивности теплового движения среднее расстояние между молекулами возрастает, а силы сцепления уменьшаются. Этому процессу соответствует переход тела из твердого состояния в жидкое. При достаточно интенсивном тепловом движении среднее расстояние между молекулами может стать настолько большим, что силы сцепления между ними практически перестанут действовать. При этом тело перейдет в газообразное состояние. Таким образом, от интенсивности теплового движения молекул и от внешних условий зависит, в каком из трех



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 68 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

возможных агрегатных состояний находится вещество: твердом, жидком или газообразном. Макроскопическая система может находиться в различных состояниях, отличающихся температурой, давлением, плотностью, объемом и т. д. Подобные величины, характеризующие состояние тела и которые можно измерять опытным путем называют параметрами состояния. Понятие давление было рассмотрено в **лекции 3**. Остановимся кратко на понятии температуры. В первом приближении температуру можно определить как величину характеризующую степень нагретости тел (конкретный физический смысл температуры будет рассмотрен несколько позже). В быту используется температура, отсчитанная по *шкале Цельсия*. Нулевой точкой на шкале Цельсия служит температура таяния льда при нормальном давлении (0°C), а температура 100°C соответствует температуре кипения воды при тех же условиях. В физике пользуются *термодинамической температурой*. Единица термодинамической температуры – *кельвин* (K). *Термодинамическая (абсолютная) температура* T связана с температурой t по шкале Цельсия соотношением

$$T = t + 273,15 \quad (5.7)$$

Температура, равная 0 K , называется *абсолютным нулем* температуры.

При нормальных условиях, а именно при температуре $273,15\text{ K}$ и давлении в 1 атм , в 1 см^3 газа находится около 10^{19} молекул и среднее расстояние между ними составляет приблизительно 10 нм . Взаимодействие молекул становится существенным лишь при расстояниях менее 1 нм . Это позволяет при решении многих задач использовать модель газа, получившего название идеального. Газ называется *идеальным*, если взаимодействием между его молекулами можно пренебречь (размеры молекулы не учитываются; между молекулами не действуют силы взаимного притяжения; столкновения молекул происходят как столкновения упругих шаров). Очень близки по своим свойствам к идеальному газу гелий и водород, а также разреженные газы при не очень низких температурах. Для таких газов справедливы законы открытые опытным путем еще до появления молекулярно – кинетической теории.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 69 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

При переходе газа из одного состояния в другое его параметры (P, V, T) изменяются. В том случае, когда в ходе такого процесса один из параметров состояния (при неизменной массе) остается постоянным, такой процесс называют *изопроцессом*.

Изотермический процесс протекает при постоянной температуре ($T = \text{const}$) и описывается *законом Бойля–Мариотта*: для данной массы газа при постоянной температуре произведение давления газа на его объем есть величина постоянная

$$PV = \text{const} \quad (5.8)$$

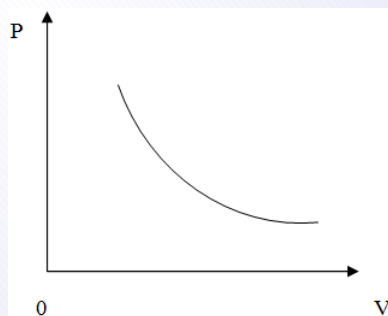


Рисунок 5.1

Такая кривая ([рис. 5.1](#)) носит название *изотерма*.

Изобарический процесс протекает при постоянном давлении ($p = \text{const}$) и подчиняется закону Гей-Люссака: объем данной массы при постоянном давлении возрастает линейно с ростом температуры

$$V = V_0(1 + \alpha t), \quad (5.9)$$

где V_0 – объем при 0°C , V – объем при температуре t , α – термический коэффициент объемного расширения

$$\alpha = \frac{1}{273,15} \text{град}^{-1}$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 70 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Графически закон Гей-Люссака имеет следующий вид

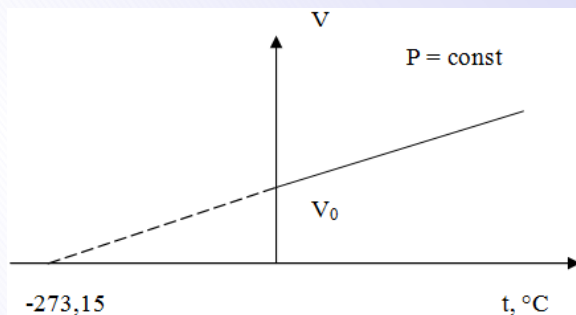


Рисунок 5.2

Пунктирная линия на графике (рис. 5.2) означает, что экспериментальные газовые законы неприменимы в области низких температур.

При низких температурах вещество переходит в жидкое или твердое состояние. Введя абсолютную температуру T можно представить формулу (5.9) в другом виде

$$\frac{V}{T} = const \quad (5.10)$$

В координатах (V, T) график изобарического процесса имеет следующий вид

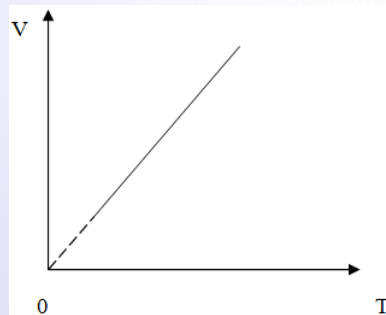


Рисунок 5.3



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 71 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Изохорический процесс протекает при постоянном объеме ($V = \text{const}$) и описывается законом Шарля: давление данной массы газа при постоянном объеме возрастает линейно с ростом температуры

$$p = p_0(1 + \gamma t), \quad (5.11)$$

где p_0 – давление при 0°C , p – давление при температуре t , γ – термический коэффициент давления. Для идеального газа $\gamma = \alpha$. График изохорического процесса, только в координатах V и t , аналогичен графику изобарического процесса. Введя абсолютную температуру T можно представить формулу (5.11) в виде

$$\frac{P}{T} = \text{const} \quad (5.12)$$

В координатах (P, T) график изохорического процесса имеет следующий вид

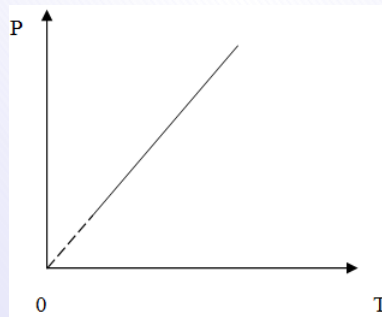


Рисунок 5.4

Рассмотрим самый общий случай газового процесса, когда одновременно изменяются и объем, и давление, и температура. Закон, описывающий такого рода процесс,



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 72 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

был установлен в 1834 г. французским физиком Клапейроном путем объединения экспериментальных газовых законов и имеет следующий вид

$$\frac{PV}{T} = C = \text{const}, \quad (5.13)$$

где C – постоянная величина, называемая *газовой постоянной*. Это значит, что для данной массы газа величина PV/T остается неизменной. Недостатком *уравнения Клапейрона* является тот факт, что постоянная C различна для разных газов. Менделеев усовершенствовал закон Клапейрона, используя закон Авогадро (установлен в 1811 г. итальянским ученым Авогадро), который гласит, что *при одинаковых температуре и давлении моли любых газов занимают одинаковые объемы*. Полученное Менделеевым выражение получило название *уравнение Клапейрона – Менделеева* или *уравнение состояния идеального газа* и имеет вид

$$PV = \frac{m}{M}RT, \quad (5.14)$$

где M – молярная масса газа, $R = 8,31$ Дж/(К·моль) – *универсальная газовая постоянная* R одинакова для всех газов.

Для смеси газов справедлив *закон Дальтона*, который устанавливает, что давление смеси (идеальных) газов составляет сумму *парциальных давлений* компонент смеси (*парциальное давление* – это давление, которое компонента оказала бы, если бы она одна занимала все пространство, занятое смесью). Этот закон указывает, что на каждую компоненту не воздействует присутствие других компонент и свойства компоненты в смеси не меняются.

Пример решения задачи

Какова была начальная температура воздуха, если при нагревании его на 3 К объем увеличился на 1% от первоначального? Процесс изобарный.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание

◀ ▶

◀◀ ▶▶

Страница 73 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Согласно уравнению изобарного процесса (5.10):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Из условия задачи $T_2 = T_1 + \Delta T$ и $V_2 = 1,01V_1$.

Получаем

$$\frac{1}{T_1} = \frac{1,01}{T_1 + \Delta T}$$

Откуда $T_1 = 100\Delta T = 300 \text{ K}$.

Пример решения задачи

Баллон емкостью 40 л содержит сжатый воздух под давлением 18 МПа при 27°С. Какой объем воды (в л) можно вытеснить из цистерны подводной лодки воздухом этого баллона, если лодка находится на глубине 20 м, где температура 7°С? Атмосферное давление 0,1 МПа.

Из объединенного газового закона (5.13) запишем

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

Конечное давление воздуха равно давлению воды на глубине, на которой находится подводная лодка (воздух выходит из баллона и вытесняет воду из подводной лодки до тех пор, пока его давление не сравняется с давлением воды). Согласно (3.18):

$$p_2 = p_0 + \rho g h,$$

где p_0 – атмосферное давление. Для объема воздуха в конечном состоянии получаем:

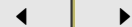
$$V_2 = \frac{p_1 T_2}{(p_0 + \rho g h) T_1} V_1 = 2240 \text{ л}$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 74 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Объем вытесненной из лодки воды – это объем воздуха вне баллона. Чтобы найти его, из полного объема воздуха надо вычесть объем баллона:

$$V = V_2 - V_1 = 2200 \text{ л}$$

С точки зрения молекулярно-кинетической теории газ представляет множество хаотически движущихся молекул. В процессе движения молекулы газа ударяются об стенки сосуда (действуют на стенки с некоторой силой). Рассчитанная на единицу площади стенки эта сила представляет собой давление газа. Сила удара зависит от скорости молекул, а, следовательно, давление газа является функцией кинетической энергии его молекул. Данная зависимость была выведена в 50-х годах XIX века немецким физиком Клаузиусом и получила название *основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа*:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \overline{v_{\text{кв}}^2}, \quad (5.15)$$

где p – давление газа, n – концентрация молекул газа, $\overline{v_{\text{кв}}}$ – средняя квадратичная скорость молекул, m_0 – масса молекулы. Умножив и разделив правую часть уравнения (5.15) на 2 получим еще одну форму записи основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа:

$$p = \frac{2}{3} n \overline{E_{\text{к}}}, \quad (5.16)$$

где

$$\overline{E_{\text{к}}} = \frac{m_0 \overline{v_{\text{кв}}^2}}{2} \quad (5.17)$$

называется *средней кинетической энергией поступательного движения молекулы газа*. Воспользовавшись уравнением Клапейрона-Менделеева (5.14) можно получить следующее выражение

$$\overline{E_{\text{к}}} = \frac{3}{2} kT, \quad (5.18)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 75 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

где $k = R/N_A = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана. Из формулы (5.17) следует, что термодинамическая температура есть величина, являющаяся мерой средней кинетической энергии поступательного движения молекул (*физический смысл температуры*). Подставив (5.17) в (5.16) получим, что

$$P = nkT \quad (5.19)$$

Из этого выражения находим, что

$$n = \frac{P}{kT} \quad (5.20)$$

Из формулы (5.20) видно, что при одинаковых температуре и давлении, все газы содержат в единице объема одинаковое число молекул. Так, например, при нормальных условиях в 1 м^3 газа содержится число молекул $n = 2,69 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ (*число Лошмидта*).

Пример решения задачи

Какова полная кинетическая энергия (в кДж) поступательного движения молекул газа, находящегося в баллоне емкостью 5 л при давлении 800 кПа?

Согласно (5.18) средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы газа:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$$

Для энергии всего газа получаем:

$$E = N\bar{E}_k = \frac{3}{2}kTN$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 76 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Из (5.19) $p = nkT = \frac{N}{V}kT$ получим, что $kTN = pV$, тогда

$$E = \frac{3}{2}PV = 6 \text{ кДж}$$

Пример решения задачи

Средняя квадратичная скорость молекул газа равна 1000 м/с. Чему будет равна средняя квадратичная скорость после увеличения давления и объема газа в 1,2 раза?

Воспользовавшись (5.17) и (5.18) получим:

$$\frac{m_0 v_{\text{кв}}^2}{2} = \frac{3}{2}kT$$

откуда

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Для отношения конечной и начальной скоростей получаем:

$$\frac{v_{\text{кв}2}}{v_{\text{кв}1}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$$

Воспользовавшись уравнением (5.14) легко получить, что:

$$\frac{v_{\text{кв}2}}{v_{\text{кв}1}} = \sqrt{\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1}} = 1,2$$

т. е. $v_{\text{кв}2} = 1200 \text{ м/с}$

По мере увеличения интенсивности теплового движения среднее расстояние между молекулами возрастает, а силы сцепления уменьшаются. Этому процессу соответствует переход тела из твердого состояния в жидкое. При достаточно интенсивном



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 77 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

тепловом движении среднее расстояние между молекулами может стать настолько большим, что силы сцепления между ними практически перестанут действовать. При этом тело перейдет в газообразное состояние.

Парообразование – процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное. Обратный процесс называется *конденсацией*. Оба этих процесса идут одновременно. *Пар* – совокупность молекул вещества покинувших его при парообразовании. *Испарение* – процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное, происходящий на поверхности вещества. Если число молекул покидающих жидкость за единицу времени равно числу молекул возвращающихся в нее, то говорят о состоянии *динамического равновесия*. Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью называют *насыщенным*. Насыщенный пар обладает свойствами, отличающимися от свойств идеального газа. Первое отличие состоит в том, что *давление насыщенного пара не зависит от его объёма при постоянной температуре*. Второе отличительное свойство: *при увеличении температуры давление P_n насыщенного пара возрастает значительно быстрее, чем давление $P_{и,г}$ идеального газа*. В случае идеального газа рост давления обусловлен только увеличением его температуры ($P = nkT$, $V = \text{const}$). В случае же насыщенного пара рост температуры приводит к увеличению числа молекул, переходящих из жидкости в пар, т. е. к росту концентрации молекул пара. В соответствии с формулой $P = nkT$ давление пара увеличивается не только в результате непосредственного повышения температуры, но и в результате увеличения концентрации молекул пара, вызванного всё тем же повышением. Поэтому законы идеального газа для изо процессов можно применять к пару только в том случае, если он далёк от насыщения и его масса остаётся неизменной. Однако уравнение Клапейрона–Менделеева (5.14) можно использовать для нахождения любых параметров (P , V , T , m , ρ) насыщенного пара.

Кипение – процесс парообразования, происходящий одновременно по всему объёму жидкости и с ее поверхности. В процессе кипения в объёме жидкости образуются пузырьки насыщенного пара. Температура, при которой происходит кипение жидко-



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 78 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

сти, называется *температурой кипения*. С ростом внешнего давления температура кипения увеличивается, а с уменьшением давления температура кипения соответственно уменьшается.

Влажность воздуха – это содержание в воздухе водяного пара. Окружающий нас атмосферный воздух вследствие непрерывного испарения воды с поверхности океанов, морей, водоемов, влажной почвы и растений всегда содержит в себе водяные пары. Чем больше водяных паров находится в определенном объеме воздуха, тем ближе пар к состоянию насыщения. С другой стороны, чем выше температура воздуха, тем большее количество водяных паров требуется для его насыщения. Говорят, что воздух *насыщен водяными парами*, если *парциальное давление* водяного пара в воздухе равно давлению насыщенного пара при данной температуре.

В зависимости от количества водяных паров, находящихся при данной температуре в атмосфере, воздух бывает различной степени влажности. Для того чтобы количественно оценить влажность воздуха, пользуются, в частности, понятиями абсолютной и относительной влажности.

Абсолютная влажность – это количество килограммов водяного пара, содержащееся в 1 м^3 воздуха при данных условиях, т. е. это плотность водяного пара ρ , выраженная в $\text{кг}/\text{м}^3$.

Относительная влажность воздуха φ – это отношение абсолютной влажности воздуха ρ к плотности ρ_0 насыщенного пара при той же температуре (или отношение давления водяного пара P к давлению насыщенного пара P_0 при той же температуре). Относительную влажность выражают в процентах:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\% \text{ или } \varphi = \frac{P}{P_0} 100\% \quad (5.21)$$

Точка росы – температура, при которой пар в воздухе становится насыщенным. При дальнейшем охлаждении водяной пар начнет конденсироваться в виде росы.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 79 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Какую массу воды надо дополнительно испарить в комнате объемом $49,8 \text{ м}^3$, чтобы при температуре 27°C повысить относительную влажность от 25% до 50% ? Давление насыщенного пара при температуре 27°C , равно $3,6 \text{ кПа}$.

Воспользовавшись уравнением Клапейрона–Менделеева (5.14) получим, что:

$$P_1 V = \frac{m_1}{M} RT \text{ и } P_2 V = \frac{m_2}{M} RT,$$

где P_1 и P_2 – начальное и конечное давление пара, а m_1 и m_2 – начальная и конечная масса пара. Тогда, разница между конечной и начальной массой пара, (та масса воды, которую надо испарить), равна:

$$\Delta m = m_2 - m_1 = (P_2 - P_1) \frac{VM}{RT}$$

Согласно (5.21) относительные влажности, равны:

$$\varphi_1 = \frac{P_1}{P_0} 100\% \text{ и } \varphi_2 = \frac{P_2}{P_0} 100\%$$

Окончательно:

$$\Delta m = (\varphi_2 - \varphi_1) \frac{VM P_0}{RT \cdot 100\%} = 0,324 \text{ кг}$$

Молекулы вещества в жидком состоянии расположены почти вплотную друг к другу. Каждая молекула жидкости совершает тепловые колебания около некоторого положения равновесия. Однако, время от времени любая молекула может переместиться в соседнее вакантное место. Такие перескоки в жидкостях происходят довольно часто; поэтому молекулы не привязаны к определенным центрам, как в кристаллах, и могут перемещаться по всему объему жидкости. Этим объясняется



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 80 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

текучесть жидкостей. Наиболее интересной особенностью жидкостей является наличие свободной поверхности. Жидкость, в отличие от газов, не заполняет весь объем сосуда, в который она налита. Между жидкостью и газом (или паром) образуется граница раздела, которая находится в особых условиях по сравнению с остальной массой жидкости. Молекулы в пограничном слое жидкости, в отличие от молекул в ее глубине, окружены другими молекулами той же жидкости не со всех сторон. Любая молекула в пограничном слое притягивается молекулами, находящимися внутри жидкости (силами, действующими на данную молекулу жидкости со стороны молекул газа (или пара) можно пренебречь). В результате появляется некоторая равнодействующая сила, направленная вглубь жидкости. Чтобы вытащить некоторое количество молекул из глубины жидкости на поверхность (т. е. увеличить площадь поверхности жидкости), внешние силы должны совершить положительную работу, пропорциональную изменению площади поверхности:

$$A = \sigma S, \quad (5.22)$$

где σ – называется коэффициентом поверхностного натяжения. Коэффициент поверхностного натяжения равен работе, необходимой для увеличения площади поверхности жидкости при постоянной температуре на единицу и измеряется в Джс/м²:

$$\sigma = \frac{A}{S} \quad (5.23)$$

Следовательно, молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избыточной по сравнению с молекулами внутри жидкости потенциальной энергией. Из механики известно, что равновесным состоянием системы соответствует минимальное значение ее потенциальной энергии. Отсюда следует, что свободная поверхность жидкости стремится сократить свою площадь. По этой причине свободная капля жидкости принимает шарообразную форму. Жидкость ведет себя так, как будто по касательной к ее поверхности действуют силы, сокращающие (стягивающие) эту



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 81 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

поверхность. Эти силы называются *силами поверхностного натяжения*. Наличие сил поверхностного натяжения делает поверхность жидкости похожей на упругую растянутую пленку, с той только разницей, что упругие силы в пленке зависят от площади ее поверхности (т. е. от того, как пленка деформирована), а силы поверхностного натяжения не зависят от площади поверхности жидкости. Величина силы поверхностного натяжения определяется выражением:

$$F = \sigma l, \quad (5.24)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения, l – длина границы поверхностного слоя жидкости

Вблизи границы между жидкостью, твердым телом и газом форма свободной поверхности жидкости зависит от сил взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела (взаимодействием с молекулами газа (или пара) можно пренебречь). Если эти силы больше сил взаимодействия между молекулами самой жидкости, то жидкость смачивает поверхность твердого тела. В этом случае жидкость подходит к поверхности твердого тела под некоторым острым углом θ , характерным для данной пары жидкость – твердое тело. Угол θ называется краевым углом. Если силы взаимодействия между молекулами жидкости превосходят силы их взаимодействия с молекулами твердого тела, то краевой угол θ оказывается тупым. В этом случае говорят, что жидкость не смачивает поверхность твердого тела. При полном смачивании $\theta = 0$, при полном несмачивании $\theta = 180^\circ$.

Капиллярными явлениями называют подъем или опускание жидкости в трубках малого диаметра – *капиллярах*. *Смачивающие* жидкости поднимаются по капиллярам, *несмачивающие* – опускаются. Высота подъема полностью смачивающей жидкости (или опускания несмачивающей жидкости) в капилляре радиуса R :

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R}, \quad (5.25)$$

где ρ – плотность жидкости.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 82 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Пример решения задачи

На некоторой планете вода поднялась в капиллярной трубке на 8 мм, а на Земле по той же трубке на 12 мм. Чему равно ускорение свободного падения на этой планете?

Запишем для этих двух случаев формулу (5.25):

$$h_{\text{п}} = \frac{2\sigma}{\rho g_{\text{п}} R} \text{ и } h_{\text{з}} = \frac{2\sigma}{\rho g_{\text{з}} R}$$

Поделив эти уравнения, друг на друга получим: $g_{\text{п}} = g_{\text{з}} \frac{h_{\text{з}}}{h_{\text{п}}} = 15 \text{ м/с}^2$.

Законы термодинамики применяются к так называемой *термодинамической системе*, под которой понимается макроскопическое тело (тело, состоящее из большого числа частиц) или группа макроскопических тел, которой свойственны процессы, сопровождающиеся переходом теплоты в другие виды энергии и наоборот. Примером термодинамической системы может служить, например газ под поршнем, организм человека, животных и т. д. Термодинамическая система обладает кинетической энергией системы как целого $E_{\text{к}}$, потенциальной энергией обусловленной наличием поля внешних сил $E_{\text{п}}$ (например, гравитационного поля Земли) и *внутренней энергией* U . Таким образом, полная энергия термодинамической системы:

$$E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}} + U \quad (5.26)$$

Внутренняя энергия складывается из кинетической энергии хаотического движения молекул, потенциальной энергии межмолекулярного взаимодействия, энергии колебательного движения атомов, энергии электронных оболочек атомов. При переходе системы из одного состояния в другое *изменение внутренней энергии* ΔU определяется только разностью значений внутренней энергии этих состояний и не зависит от пути перехода. При совершении системой произвольного процесса, в результате которого она вновь возвращается в исходное состояние, полное изменение внутренней энергии равно нулю.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 83 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Внутренняя энергия произвольной массы идеального газа равна средней кинетической энергии поступательного движения всех N его молекул (атомов):

$$U = N\bar{E}_k = \frac{3}{2}kTN = \frac{3}{2}\frac{m}{M}RT \quad (5.27)$$

Изменение состояния системы тел обусловлено передачей энергии от одного тела системы к другому. Передача энергии может происходить либо в форме механической работы A , либо в форме теплоты Q . Работа есть мера механической энергии, переданной от одного тела к другому. Совершение работы всегда сопровождается перемещением тела или его частей. *Механическая работа*, совершаемая системой (газом) над внешними телами в *изобарном процессе* при изменении ее объема на ΔV определяется выражением:

$$A = p\Delta V = p(V_2 - V_1), \quad (5.28)$$

где p – давление газа.

Графически при изобарном процессе работа A численно равна площади прямоугольника:

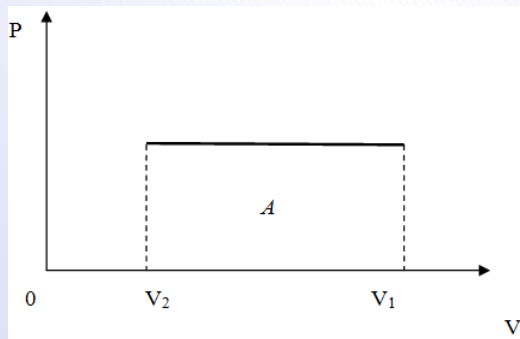


Рисунок 5.5



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 84 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Сообщение теплоты не связано с перемещением тел, а обусловлено тем, что отдельные молекулы более нагретого тела передают свою кинетическую энергию молекулам менее нагретого тела в процессе *теплообмена*. К теплообмену относятся: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение.

Теплопроводность – передача теплоты от более нагретого тела к менее нагретому телу при соприкосновении этих тел.

Конвекция – перенос теплоты потоком движущейся жидкости или газа из одних областей занимаемого ими объема в другие.

Теплота и работа как две формы передачи энергии тесно связаны друг с другом. Теплота может переходить в работу и, наоборот, работа в теплоту. В СИ работа и теплота измеряются в одинаковых единицах – *джоулях (Дж)*. внесистемная единица измерения количества теплоты *калория (кал)*. $1 \text{ кал} = 4,18 \text{ Дж}$. Количество теплоты, переданное телу или отданное телом, если процесс теплопередачи не сопровождается изменением агрегатного состояния вещества, определяется по формуле:

$$Q = cm(T_2 - T_1) = cm(t_2 - t_1), \quad (5.29)$$

где m – масса тела, c – *удельная теплоемкость вещества* – физическая величина, численно равная количеству теплоты, которое получает (отдает) один кг вещества при изменении его температуры на один градус. Измеряется удельная теплоемкость в $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

Физическая величина, равная произведению массы тела на удельную теплоемкость:

$$C = cm \quad (5.30)$$

называется *теплоемкостью тела*. Она измеряется в $\text{Дж}/\text{К}$.

Физическая величина, численно равная количеству теплоты, которое необходимо передать твердому телу массой 1 кг при температуре плавления для перехода в жидкость, называется *удельной теплотой плавления* λ . Для плавления тела массой m , предварительно нагретого до температуры плавления, ему необходимо сообщить количество теплоты:

$$Q_{\text{пл}} = \lambda m \quad (5.31)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 85 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

При кристаллизации тела выделяется количество теплоты:

$$Q_{\text{кр}} = -\lambda m \quad (5.32)$$

Физическую величину, численно равную количеству теплоты, которое необходимо передать жидкости массой 1 кг, находящейся при температуре кипения, для превращения её при постоянной температуре в пар, называют *удельной теплотой парообразования* L . Единицей измерения этой величины является *Дж/кг*. Количество теплоты, необходимое для превращения жидкости массой m , предварительно нагретой до температуры кипения, в пар, определяют по формуле:

$$Q_{\text{пар}} = Lm \quad (5.33)$$

Конденсация пара сопровождается выделением количества теплоты:

$$Q_k = -Lm \quad (5.34)$$

Физическую величину, численно равную количеству теплоты, выделяющемуся при полном сгорании топлива массой 1 кг, называют *удельной теплотой сгорания* q топлива и измеряют в *Дж/кг*. Количество теплоты, выделившееся при полном сгорании некоторой массы m топлива, определяют по формуле:

$$Q_c = qm \quad (5.35)$$

Если в изолированной системе происходит теплообмен между несколькими телами, то

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0 \quad (5.36)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 86 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Уравнение (5.36) называется *уравнением теплового баланса* и фактически является законом сохранения энергии для теплообменных процессов. В этом уравнении Q_1, Q_2, Q_3, \dots – количества теплоты, полученные или отданные телами. Эти количества теплоты выражаются формулой (5.29) или формулами (5.31)–(5.34), если в процессе теплообмена происходят различные фазовые превращения вещества (плавление, кристаллизация, парообразование, конденсация).

Пример решения задачи

В цилиндре с площадью основания 100 см^2 находится газ при температуре 300 К . На высоте 30 см от основания цилиндра расположен поршень массой 60 кг . Какую работу совершит газ при расширении, если его температуру медленно повысить на 50° С ? Атмосферное давление 100 кПа .

Давление газа остается при расширении постоянным – оно определяется величиной атмосферного давления и массой поршня:

$$p = p_{\text{атм}} + \frac{mg}{S}$$

Согласно (5.28) работа газа при постоянном давлении равна

$$A = p(V_2 - V_1),$$

где начальный объем $V_1 = Sh_1$, а конечный найдем из уравнения изобарного процесса (5.10): $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. Так как $T_2 = T_1 + \Delta T$ получаем

$$A = \left(p_{\text{атм}} + \frac{mg}{S}\right) Sh_1 \frac{\Delta T}{T_1} = 80 \text{ Дж}$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 87 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Чему равна высота водопада, если температура воды у его основания на $0,05^\circ\text{C}$ больше, чем у вершины? Считать, что вся механическая работа идет на нагревание воды. Удельная теплоемкость воды $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$.

По условию работа силы тяжести $A = Q$. Согласно (4.15) $A = -\Delta E_n = -(E_{n2} - E_{n1})$. Согласно (5.29) $Q = ct\Delta T$. Тогда

$$\begin{aligned} E_{n1} - E_{n2} &= ct\Delta T \\ mgh &= ct\Delta T \end{aligned}$$

Окончательно $h = \frac{c\Delta T}{g} = 21 \text{ м}$.

Пример решения задачи

Для приготовления ванны емкостью 200 л смешали холодную воду при 10°C с горячей при 60°C . Сколько литров холодной воды нужно взять, чтобы в ванне установилась температура 40°C ?

Воспользуемся законом сохранения энергии в виде (5.36):

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

Используя (5.29) получим: $c_1 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - t_2) = 0$, где t – температура теплового равновесия, равная 40°C . Так как $m_1 = \rho V_1$, $m_2 = \rho V_2$, а $c_1 = c_2$, получим

$$V_1 (t - t_1) + V_2 (t - t_2) = 0$$

Учитывая, что $V_1 + V_2 = V$, где V – объем ванны, находим

$$V_1 = V \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} = 80 \text{ л}$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 88 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Одним из основных законов термодинамики является *первое начало (закон) термодинамики*, который гласит: *количество теплоты, сообщенное системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение работы системой против внешних сил*:

$$Q = \Delta U + A \quad (5.37)$$

Данный закон это запись закона сохранения энергии для термодинамических процессов. Первый закон термодинамики запрещает существование вечного двигателя первого рода, воображаемого механизма, который совершал бы работу, превышающую получаемую им энергию. Действительно, двигатель это система, периодически возвращающаяся в исходное состояние. Для такой системы изменение ее внутренней энергии $\Delta U = 0$. Тогда, согласно первому закону термодинамики $A = Q$.

В (5.37) необходимо учитывать знаки:

если теплота сообщается системе то $Q > 0$, если система отдает теплоту то $Q < 0$; если система совершает работу, то $A > 0$, если работа совершается над системой то $A < 0$.

В изохорном процессе $\Delta V = 0$, $A = 0$ и $Q = \Delta U$, все количество теплоты идет на изменение внутренней энергии.

В изотермическом процессе $\Delta T = 0$, $\Delta U = 0$ и $Q = A$, все количество теплоты идет на совершение работы.

В изобарном процессе $Q = \Delta U + A$, $A = p\Delta V = \frac{m}{M}R\Delta T$.

Процесс, происходящий без теплообмена с окружающей средой, называется *адиабатным*. Очевидно, чтобы исключить теплообмен и осуществить адиабатный процесс, надо было бы термодинамическую систему окружить нетеплопроводной стенкой. В природе не существует материалов с нулевой теплопроводностью, но могут создаваться условия, в которых происходят процессы, очень близкие к адиабатным, например быстротекающие процессы (взрыв).

При адиабатном процессе $Q = 0$ и $\Delta U = -A$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 89 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Пример решения задачи

Газ, которому сообщили количество теплоты 500 Дж, совершил работу 300 Дж. Определите изменение внутренней энергии газа.

Согласно (5.37) и с учетом знаков в нашем случае $Q = \Delta U + A$. Следовательно: $\Delta U = Q - A = 500 - 300 = 200$ Дж.

Пример решения задачи

Для нагревания некоторого количества идеального газа с молярной массой $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль на 14 К при постоянном давлении потребовалось 29 Дж теплоты. Чтобы затем охладить этот же газ до исходной температуры при постоянном объеме, у него надо отнять 20,7 Дж теплоты. Найдите массу газа.

Запишем первый закон термодинамики (5.37) для изобарного и изохорного процессов:

$$Q_1 = \Delta U_1 + A \text{ и } -Q_2 = \Delta U_2$$

Так как конечная температура по условию равна начальной, то $\Delta U_2 = -\Delta U_1$ и $Q_2 = \Delta U_1$. Тогда $Q_1 - Q_2 = A$.

Согласно (5.28) и (5.14): $A = \frac{m}{M}R\Delta T$. Следовательно $Q_1 - Q_2 = \frac{m}{M}R\Delta T$, откуда находим массу газа

$$m = \frac{M(Q_1 - Q_2)}{R\Delta T} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

Круговым процессом, или циклом, называется процесс, в результате которого система, пройдя через ряд состояний, возвращается в исходное состояние.

На графике круговой процесс изобразится замкнутой кривой линией:



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 90 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

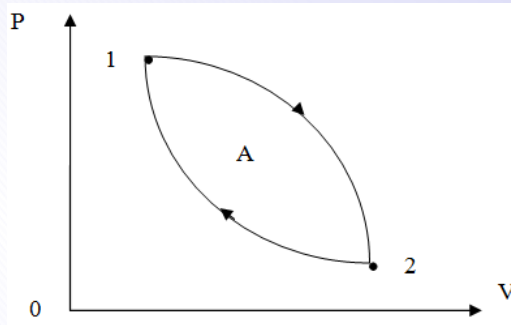
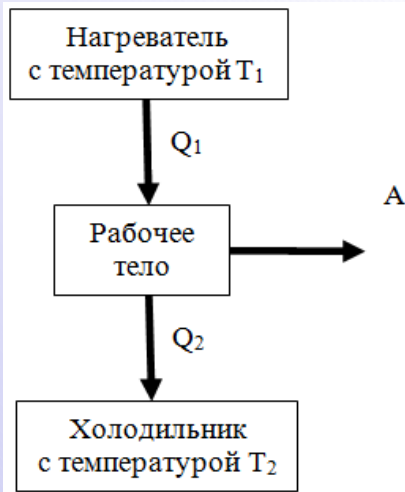


Рисунок 5.6



При этом работа A , совершаемая в ходе цикла, численно равна площади ограниченной данной замкнутой линией. Именно такие процессы протекают в *тепловом двигателе (машине)*: периодически действующем устройстве, которое позволяет за счет полученного тепла совершать механическую работу. С точки зрения термодинамики, простейшая тепловая машина состоит из трех основных элементов: нагревателя, холодильника и рабочего тела.

Нагреватель и холодильник это тепловые резервуары. Причем температура T_1 нагревателя больше температуры T_2 холодильника. *Рабочее тело* тепловой машины – вещество, через которое происходит процесс передачи теплоты от нагревателя к холодильнику. Обычно рабочим телом тепловой машины является газ под поршнем. За один цикл работы от нагревателя к газу подводится количество теплоты Q_1 , которое частично идет на совершение полезной механической работы (работы тепловой машины) A , а частично – на под-



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 91 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

ведение теплоты Q_1 к холодильнику. По закону сохранения энергии за цикл рабочее тело совершает работу:

$$A = Q_1 - Q_2 \quad (5.38)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) тепловой машины равен отношению совершаемой машиной полезной работы к количеству теплоты получаемому рабочим телом от нагревателя:

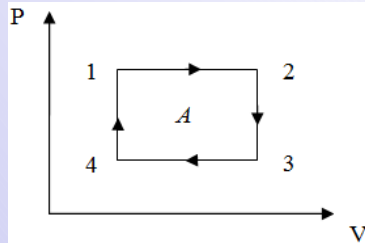
$$\eta = \frac{A}{Q_1} 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (5.39)$$

КПД любой тепловой машины меньше единицы: $\eta < 1$. Данное положение является одной из возможных формулировок второго закона термодинамики.

Пример решения задачи

Два моля газа изобарно нагревают от 400 К до 800 К, затем изохорно охлаждаются до 500 К. Далее газ охлаждают изобарно так, что его объем уменьшается до первоначального. Наконец газ изохорно нагревают до 400 К. Найдите работу, совершенную в данном цикле.

Изобразим данный цикл в PV координатах.



Очевидно, что работа A равна сумме работ, совершаемых в изобарных процессах A_{12} и A_{34} . Причем работа A_{34} отрицательная. Согласно (5.28) и (5.14):

$$A_{12} = \nu R (T_2 - T_1), \text{ а } A_{34} = \nu R (T_4 - T_3).$$

Чтобы найти температуру T_4 воспользуемся уравнением изобарного процесса ((5.10)): $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ и $\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_4}{T_4}$. Так как $V_2 = V_3$ и $V_1 = V_4$, получим $\frac{T_4}{T_3} = \frac{T_1}{T_2}$ и $T_4 = \frac{T_1 T_3}{T_2} = 250 \text{ К}$.

Окончательно работа за цикл:

$$A = A_{12} + A_{34} = \nu R (T_2 + T_4 - T_3 - T_1) = 2490 \text{ Дж}$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 92 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Лекция 6. Основы электричества и магнетизма

Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей. Работа сил электростатического поля. Потенциал и разность потенциалов. Связь между напряжением и напряженностью однородного электростатического поля. Емкость плоского конденсатора. Энергия электростатического поля заряженного конденсатора. Постоянный электрический ток. Сила тока. Электродвижущая сила. Напряжение. Электрическое сопротивление. Закон Ома для однородного участка электрической цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников. Закон Ома для полной электрической цепи. Работа и мощность тока. Закон Джоуля–Ленца. Коэффициент полезного действия источника тока. Постоянные магниты. Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Ампера. Сила Лоренца. Магнитный поток. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля катушки с током.

Литература: [1, с. 159–252], [2, с. 86–195]

Еще в VII веке до нашей эры греческие философы указывали на способность янтаря натертого шелком, притягивать легкие предметы. Соответствующие опыты обнаружили, что таким свойством обладают и многие другие тела натертые мягкими материалами. Это явление получило название *электризация* (от греческого слова электрон – янтарь). Оказалось, что электризация бывает двух видов. Один вид называли положительной, второй – отрицательной. Одноименно наэлектризованные тела отталкиваются, а разноименно притягиваются. Электризацию долгое время объясняли существованием невидимой электрической жидкости перетекающей от одного тела к другому. В конце XIX века выдвинули гипотезу о том, что электриче-



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 93 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

ские явления обусловлены существованием электрически заряженных элементарных частиц. Данная гипотеза подтвердилась открытием электрона, а затем протона.

Говорят, что эти частицы несут электрический заряд, который обозначают буквой q и измеряют в кулонах (*Кл*). Заряд электрона отрицательный и равен $q = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Заряд протона положительный и равен по величине заряду электрона. Такой заряд называют *элементарным электрическим зарядом* и обозначают e . Это наименьший по величине заряд, который может иметь частица или тело. Заряд любого тела кратен элементарному заряду

$$q = \pm ne, \quad (6.1)$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$

Современная физика объясняет явление электризации следующим образом. Все тела состоят из атомов. Атом в свою очередь состоит из положительно заряженного ядра (в состав которого входят положительно заряженные протоны и нейтральные нейтроны) и отрицательно заряженные электроны. В нормальном состоянии атом электрически нейтрален (суммарный заряд электронов и протонов равен нулю). В результате внешнего воздействия атом может потерять один или несколько электронов и стать положительно заряженным (*положительным ионом*) или наоборот присоединить к себе один или несколько электронов и стать отрицательно заряженным (*отрицательным ионом*). В частности, при электризации трением часть электронов переходит от одного тела к другому. При этом электризуются оба тела: одно положительно, второе отрицательно.

Электрические заряды могут перемещаться в пределах одного тела или от одного тел к другому, но не могут уничтожаться и создаваться. Иными словами *в изолированной системе алгебраическая сумма электрических зарядов остается постоянной*. Это положение называется *законом сохранения электрического заряда*:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const} \quad (6.2)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 94 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Тела, в которых электрические заряды могут свободно перемещаться, называются *проводниками*. К ним относятся металлы, электролиты и ионизированные газы. Тела, в которых возможность перемещения зарядов весьма ограничена (мало свободных электронов и практически нет ионов) называются *диэлектриками*. Промежуточное положение занимают *полупроводники*.

Опытным путем было установлено, что два точечных заряда (размерами тел, на которых находятся заряды можно пренебречь по сравнению с расстояниями между ними) взаимодействуют с силой (*сила Кулона*), пропорциональной величинам зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними и направленной вдоль прямой соединяющие эти заряды:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{\epsilon r^2}, \quad (6.3)$$

где ϵ – *диэлектрическая проницаемость*, характеристика электрических свойств среды в которой находятся заряды, показывающая во сколько раз сила взаимодействия между зарядами в данной среде меньше силы их взаимодействия в вакууме. Для вакуума $\epsilon = 1$, воздуха $\epsilon \approx 1$, для других веществ $\epsilon > 1$. Коэффициент пропорциональности k в системе СИ равен

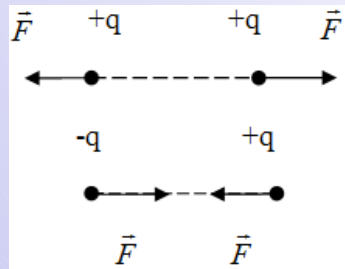


Рисунок 6.1

Направление силы Кулона показано на рисунке 6.1. В случае взаимодействия трех и более точечных электрических зарядов, для определения результирующей силы действующей на данный заряд используется следующий алгоритм:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2 \cdot \text{Кл}^2}, \quad (6.4)$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$.

Направление силы Кулона показано на рисунке 6.1.

В случае взаимодействия трех и более точечных электрических зарядов, для определения результирующей силы действующей на данный заряд используется следующий алгоритм:



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 95 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

1. Запишите модули сил Кулона действующих на данный заряд q со стороны других зарядов:

$$F_1 = k \frac{|q_1| |q|}{\varepsilon r_1^2}, F_2 = k \frac{|q_2| |q|}{\varepsilon r_2^2}, \dots, F_n = k \frac{|q_n| |q|}{\varepsilon r_n^2}$$

2. Изобразите на рисунке все силы $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, действующие на заряд.
3. Выберите взаимно перпендикулярные координатные оси OX и OY таким образом, чтобы большинство сил было параллельно этим осям, и запишите проекции всех сил на эти оси: $F_{1x}, F_{2x}, \dots, F_{nx}; F_{1y}, F_{2y}, \dots, F_{ny}$.
4. Вычислите проекции F_x и F_y искомой силы как алгебраические суммы проекций слагаемых сил:

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx}, F_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny}$$

5. Вычислите по теореме Пифагора модуль искомой силы:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Пример решения задачи

Два одинаковых по размеру металлических шарика с зарядами 7 мкКл и -3 мкКл привели в воздухе в соприкосновение и развели на некоторое расстояние, после чего сила их взаимодействия оказалась равна 40 Н . Определите это расстояние.

При соприкосновении одинаковых проводящих шариков заряды перераспределяются таким образом, что шарики будут иметь одинаковый заряд. Согласно закону сохранения заряда (6.2) сумма зарядов до взаимодействия равна сумме зарядов после: $q_1 + q_2 = q' + q'$. Значит заряд каждого шарика после взаимодействия



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 96 из 300

Назад

На весь экран

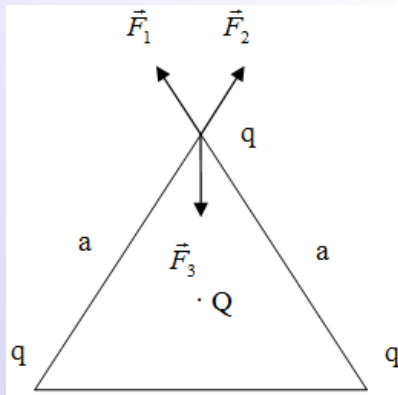
Закрыть

$q' = \frac{q_1 + q_2}{2} = 2 \text{ мкКл}$. Запишем закон Кулона для конечного положения шариков:
 $F = k \frac{(q')^2}{r^2}$.

Откуда $r = q' \sqrt{\frac{k}{F}} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

Пример решения задачи

Три одинаковых одноименных заряда q расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд Q нужно поместить в центре треугольника, чтобы система зарядов находилась в равновесии?



Очевидно, что заряды Q и q должны быть разноименными. Для равновесия необходимо, чтобы равнялась нулю равнодействующая приложенная к одному из зарядов q : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$. Модули сил Кулона:

$$F_1 = k \frac{q^2}{a^2}, F_2 = k \frac{q^2}{a^2}, F_3 = k \frac{|q| |Q|}{\left(\frac{a}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Для решения задачи нам понадобится только вертикальная ось. Проецируя условие равновесия на вертикальную ось получим: $k \frac{q^2}{a^2} \cos 30^\circ + k \frac{q^2}{a^2} \cos 30^\circ - k \frac{3qQ}{a^2} = 0$.

Так как $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ легко получить, что $|Q| = \frac{|q|}{\sqrt{3}}$. Если заряды q положительные, то для выполнения условия равновесия Q должен быть отрицательным и наоборот.

Пример решения задачи

Два одинаковых шарика с массами равными m , висят на непроводящих нитях равной длины, закрепленных в одной точке. Шарик заряжены одноименными за-



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



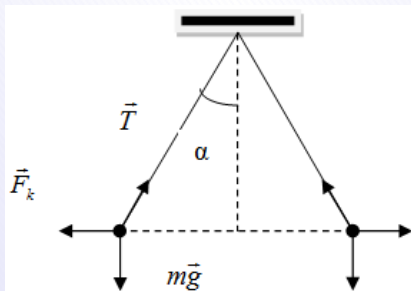
Страница 97 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

рядыми q и, отталкиваясь, расходятся на угол α от вертикали. Найти расстояние между шариками.



Изобразим силы, действующие на один из шариков: \vec{F}_k – сила Кулона, \vec{T} – сила натяжения, $m\vec{g}$ – сила тяжести. Условия равновесия в нашем случае имеет вид:

$$\vec{F}_k + \vec{T} + m\vec{g} = 0$$

Проецируя условие равновесия на горизонтальную и вертикальную ось получим систему уравнений:

$$T \sin \alpha = k \frac{q^2}{r^2} \text{ и } T \cos \alpha = mg$$

Откуда находим расстояние между шариками $r = q \sqrt{\frac{k}{mg \operatorname{tg} \alpha}}$

Электрические заряды, находясь на расстоянии, друг от друга взаимодействуют между собой посредством особого вида материи – *электрического поля*. Каждое заряженное тело создает вокруг себя электрическое поле. Электрическое поле неподвижного заряда называют электростатическим. Электрическое поле отдельного заряда можно обнаружить, если внести в него другой заряд, на который в соответствии с законом Кулона будет действовать определенная сила. Электрическое поле характеризуют при помощи векторной физической величины получившей название напряженность электрического поля \vec{E} .

Напряженностью электрического поля в данной его точке называется векторная физическая величина, равная отношению силы действующей со стороны этого поля на точечный пробный положительный электрический заряд q_0 , помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (6.5)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

⏪ ⏩

Страница 98 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Напряженность является силовой характеристикой электрического поля. Направление вектора напряженности электрического поля совпадает с направлением вектора силы, действующей на пробный положительный заряд.

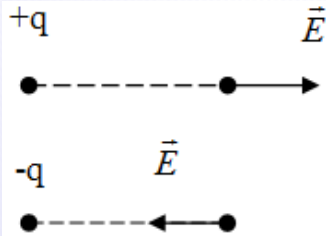


Рисунок 6.2

Напряженность в любой точке электростатического поля, создаваемого точечным зарядом, направлена по прямой, соединяющей данную точку и точечный заряд. Если заряд положительный, то вектор напряженности направлен от заряда, если отрицательный то к нему.

Величина *напряженности поля точечного заряда* на расстоянии r от него определяется выражением:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \quad (6.6)$$

В СИ напряженность электрического поля измеряется в ньютонах на кулон ($H/Кл$) или в вольтах на метр ($B/м$).

Напряженность результирующего поля, создаваемого системой зарядов, также равна геометрической сумме напряженностей полей, создаваемых в данной точке каждым из зарядов в отдельности:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n \quad (6.7)$$

Эта формула выражает *принцип суперпозиции (наложения) электростатических полей*. Алгоритм нахождения напряженности поля, создаваемого в данной точке системой зарядов аналогичен алгоритму нахождения результирующей силы (с учетом рис. 6.2). Электрическое поле изображают при помощи силовых линий. Силовая линия электрического поля называется воображаемая в пространстве линия, касательная к которой в каждой точке совпадает по направлению с вектором напряженности электрического поля в это точке (рисунки 6.3).



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 99 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

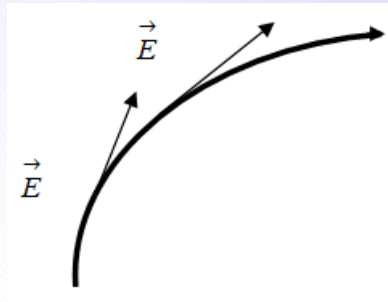


Рисунок 6.3

Так, например электрические поля положительного и отрицательного точечных зарядов имеют следующий вид (рисунок 6.4):



Рисунок 6.4

Силовые линии электрического поля не замкнуты: они *начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных* или уходят на бесконечность.

Пример решения задачи

В однородном электрическом поле напряженностью 20 кВ/м, вектор которой направлен вертикально вниз, на непроводящей нити висит шарик массой 0,1 кг с зарядом 0,2 мкКл. Найдите силу натяжения нити.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

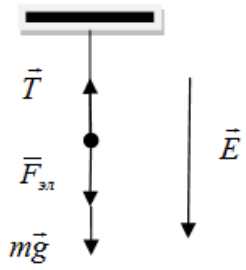


Страница 100 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть



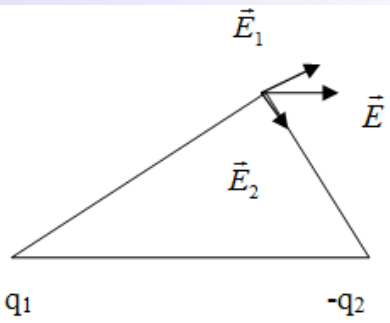
Так как шарик покоится, то $\vec{T} + m\vec{g} + \vec{F}_{эл} = 0$.
 С учетом того, что $F_{эл} = qE$ (6.5) в проекции на вертикальную ось получим

$$T - mg - qE = 0$$

и $T = mg + qE = 5 \text{ Н}$

Пример решения задачи

Расстояние между двумя точечными зарядами 64 нКл и -48 нКл равно 10 см. Определите напряженность поля в точке, удаленной на 8 см от первого и на 6 см от второго зарядов.



Результирующая напряженность: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$.
 Так как треугольник прямоугольный (стороны соотносятся как 3:4:5), то по теореме Пифагора $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$. Согласно (6.6): $E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = 90 \text{ кВ/м}$, а $E_2 = k\frac{q_2}{r_2^2} = 120 \text{ кВ/м}$. Результирующая напряженность $E = 150 \text{ кВ/м}$.

Электростатическое поле является потенциальным. Это означает, что работа по перемещению заряда в электростатическом поле не зависит от формы траектории, по которой перемещается заряд, а определяется только начальным и конечным положением заряда. На всякий заряд, помещенный в электростатическое поле, действует сила, которая может переместить его. Любой электрический заряд, находящийся в электростатическом поле, обладает некоторой потенциальной энергией. Поэтому ра-



Кафедра
 общей
 и
 теоретической
 физики

Начало

Содержание



Страница 101 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

бота A , совершаемая при перемещении электрического заряда из одной точки поля в другую равна убыли потенциальной энергии W этого заряда

$$A = W_1 - W_2, \quad (6.8)$$

где W_1 и W_2 – потенциальные энергии заряда в начальной и конечной точках соответственно. Важнейшей энергетической характеристикой электрического поля является потенциал. *Потенциалом электрического поля* φ называется скалярная физическая величина, численно равная потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в данную точку поля

$$\varphi = \frac{W}{q} \quad (6.9)$$

Из данной формулы следует единица измерения потенциала в СИ – *вольт (В)*:
 $1 \text{ В} = 1 \text{ Дж/Кл}$.

Потенциал поля точечного заряда q на расстоянии r от него определяется выражением:

$$\varphi = k \frac{q}{r} \quad (6.10)$$

Потенциал поля создаваемого несколькими зарядами, равен алгебраической сумме потенциалов полей, создаваемых каждым из этих зарядов в отдельности:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n \quad (6.11)$$

Под действием сил поля положительный заряд будет стремиться переместиться из точки с более высоким потенциалом в точку с более низким потенциалом, а отрицательный заряд наоборот. Численное значение и знак потенциала зависят от выбора нулевого уровня. В физике обычно полагают, что потенциал равен нулю на бесконечности. На практике в электротехнике, за нулевой потенциал обычно выбирают потенциал поверхности Земли или проводника соединенного с Землей. При



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 102 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

расчетах важно знать не абсолютные значения потенциалов, в каких либо двух точках поля, а *разность потенциалов* $U = \varphi_1 - \varphi_2$, где φ_1 – потенциал точки 1, φ_2 – потенциал точки 2.

При перемещении заряда q из одной точки электрического поля в другую совершается работа

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU, \quad (6.12)$$

тогда

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q} \quad (6.13)$$

Из данной формулы следует, что единица измерения разницы потенциалов тоже *вольт (В)*: $1 \text{ В} = 1 \text{ Дж/Кл}$.

Работу сил электростатического поля часто выражают не в джоулях, а в электронвольтах. *Электрон-вольт (эВ)* численно равен работе, совершаемой силами поля при перемещении частицы с зарядом равным элементарному заряду e , между точками поля с разностью потенциалов 1 В :

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1 \text{ В} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \quad (6.14)$$

Геометрическое место точек в электростатическом поле, потенциалы которых одинаковы, называют *эквипотенциальной поверхностью*. Используя эквипотенциальные поверхности, можно представлять графически эквипотенциальные поля. Через каждую точку поля проходит только одна линия напряженности и одна эквипотенциальная поверхность. В каждой точке поля эквипотенциальные поверхности взаимно перпендикулярны. На рисунке (6.5) графически представлено электростатическое поле точечного положительного заряда и однородное электростатическое поле. В первом случае эквипотенциальные поверхности представляют из себя сферы, во втором плоскости.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 103 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

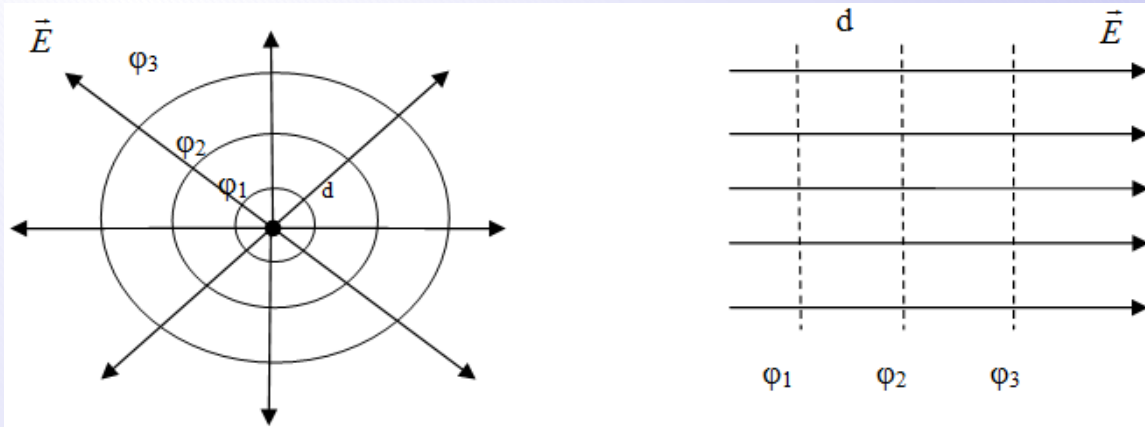


Рисунок 6.5

Разность потенциалов и напряженность электростатического поля связаны между собой соотношением:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d}, \quad (6.15)$$

где d – расстояние между эквипотенциальными поверхностями вдоль линии напряженности (рис. 6.5). Из (6.14) следует еще одна единица измерения напряженности электростатического поля – В/м.

Пример решения задачи

В двух противоположных вершинах квадрата со стороной 30 см находятся заряды 200 нКл каждый. Найдите потенциал (в кВ) в двух других вершинах квадрата.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

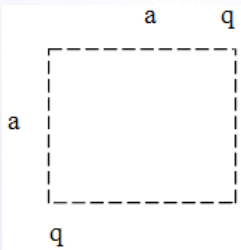


Страница 104 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

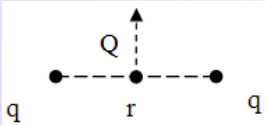


Согласно принципу суперпозиции потенциала (6.11), потенциал в каждой из двух свободных вершин: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, где $\varphi_1 = \varphi_2 = k\frac{q}{a}$ – потенциал, создаваемый каждым из зарядов в свободной вершине.

Таким образом $\varphi = 2k\frac{q}{a} = 12 \text{ кВ}$.

Пример решения задачи

Два точечных заряда по 10 нКл каждый закреплены на расстоянии 4 см друг от друга. Посередине между зарядами помещают заряженную частицу массой 2 мг с зарядом 36 нКл и отпускают. Какую скорость приобретет частица на большом расстоянии от зарядов?



Воспользуемся законом сохранения энергии (4.17) $W_1 + \frac{m\vartheta_1^2}{2} = W_2 + \frac{m\vartheta_2^2}{2}$, где согласно (6.9): $W_1 = Q\varphi_1$ и $W_2 = Q\varphi_2$. Так как $\vartheta_1 = 0$ и $\varphi_2 = 0$ получим: $Q\varphi_1 = \frac{m\vartheta_2^2}{2}$. Начальный потенциал найдем методом суперпозиции: $\varphi_1 = k\frac{q}{\frac{r}{2}} + k\frac{q}{\frac{r}{2}} = 4k\frac{q}{r}$. Окончательно скорость частицы $\vartheta_2 = \sqrt{\frac{8kQq}{mr}} = 18 \text{ м/с}$.

Опыт показывает, что при увеличении заряда проводника возрастает и его потенциал. Однако отношение

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (6.16)$$

остаётся постоянным. Величина C называется *емкостью проводника*. Емкость характеризует способность проводников накапливать электрические заряды. Она зависит от формы и размеров проводника и от диэлектрических свойств окружающей среды. Единицей емкости является *фарад (Ф)* емкость тако-



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 105 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

го уединенного проводника, которому заряд в 1 Кл сообщает потенциал в 1 В: $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл/В}$. 1 фарад – это очень большая емкость. Земной шар, например, обладает емкостью $\approx 711 \text{ мкФ}$. Однако учеными были созданы устройства, которые при относительно небольших размерах способны накапливать достаточно большой электрический заряд. Они получили название – *конденсаторы*. Конденсатор состоит из двух проводников, находящихся на небольшом расстоянии друг от друга, разделенных слоем диэлектрика. Емкость конденсатора равна отношению заряда, накопленного в конденсаторе к разности потенциалов между его обкладками:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U} \quad (6.17)$$

Емкость плоского воздушного конденсатора (два плоских проводника разделенных воздушной прослойкой) определяется выражением:

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}, \quad (6.18)$$

где S – площадь его обкладок, d – расстояние между ними.

Если конденсатор *подключен к источнику напряжения*, то напряжение на его обкладках постоянно: $U = \text{const}$.

Если конденсатор *отключен от источника напряжения*, то заряд на его обкладках сохраняется: $q = \text{const}$.

Энергия электростатического поля заряженного конденсатора определяется выражением:

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2} \quad (6.19)$$

Пример решения задачи

Конденсатор подключен к аккумулятору. Как изменится энергия конденсатора при раздвижении его пластин? Как согласуется это изменение с законом сохране-



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 106 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

ния энергии? Каким будет ответ, в случае если заряженный конденсатор отключен от аккумулятора перед раздвиганием пластин?

Так как в первом случае аккумулятор подключен к источнику напряжения то $U = \text{const}$. Поэтому формулу для энергии конденсатора (6.18) удобно записать, используя (6.16), в виде: $W = \frac{CU^2}{2}$. Согласно (6.17) с увеличением расстояния между обкладками емкость уменьшается. Значит, уменьшается и энергия конденсатора. С первого взгляда нарушается закон сохранения энергии: «исчезает» энергия конденсатора и вдобавок энергия, потраченная на раздвигание пластин. Но это не так. Конденсатор не является замкнутой системой, он подключен к аккумулятору. При уменьшении емкости конденсатора ($U = \text{const}$) уменьшается и его заряд, который проходит через аккумулятор увеличивая его энергию, кроме того часть энергии переходит во внутреннюю.

Во втором случае $q = \text{const}$ и удобно пользоваться формулой в виде $W = \frac{q^2}{2C}$. При уменьшении емкости (раздвигание пластин) энергия увеличивается. Это происходит за счет совершения внешними силами положительной работы.

Электрическим током называется направленное движение электрически заряженных частиц. За направление тока принято считать направление движения положительных зарядов. Основной характеристикой электрического тока является сила тока (I), численно равная заряду, протекающему через поперечное сечение проводника в единицу времени:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (6.20)$$

Единицей измерения силы тока в СИ является ампер (А): $1 \text{ A} = 1 \text{ Кл/с}$. Если сила тока и его направление с течением времени не изменяются, такой ток называют постоянным. Для постоянного тока:

$$I = \frac{q}{t} \quad (6.21)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 107 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пусть на концах некоторого проводника длины l имеется разность потенциалов $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ ($\varphi_1 > \varphi_2$).

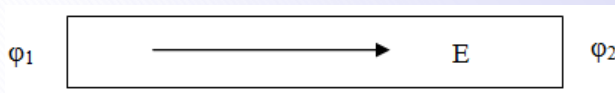


Рисунок 6.6

Данная разность потенциалов создаст внутри проводника электрическое поле с напряженностью \vec{E} . В проводнике возникнет направленное движение электрических зарядов (электрический ток) от большего потенциала к меньшему. С течением времени движение зарядов приведет к выравниванию потенциалов во всех точках. Электрическое поле в проводнике исчезнет и ток прекратится. Таким образом, первым необходимым условием существования электрического тока является наличие разности потенциалов не равной нулю. Для ее поддержания необходимо специальное устройство, с помощью которого будет происходить разделение зарядов на концах проводника. Такое устройство называют *генератором или источником тока*. Источник тока выполняет одновременно и второе условие возникновения электрического тока – он замыкает электрическую цепь, по которой можно было бы осуществлять непрерывное движение зарядов. Ток течет по внешней части цепи – проводнику и по внутренней – источнику тока.

Источник тока имеет два полюса: положительный (+) с более высоким потенциалом и отрицательный (–) с более низким потенциалом. На отрицательном полюсе создается избыток электронов, а на положительном – недостаток. Разделение зарядов в источнике тока производится с помощью сил имеющих неэлектрическую природу, так как электрические силы могут только соединять, но не разделять разноименные заряды. Поэтому эти силы называют *сторонними*. Природа сторонних сил может быть различной. Например, в гальванических элементах они возникают за счет энергии химических реакций, в генераторе за счет механической энергии



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 108 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

вращения ротора, в солнечных батареях за счет энергии фотонов и т. п. Роль источника тока в электрической цепи такая же, как роль насоса, который необходим для поддержания тока жидкости в гидравлической системе.

Работа, совершаемая сторонней силой по перемещению вдоль данного участка цепи единичного положительного заряда, называется электродвижущей силой (ЭДС) и обозначается ε :

$$\varepsilon = \frac{A_{AB}}{q_0} \quad (6.22)$$

Из (6.22) следует, что ЭДС, как и потенциал выражается в вольтах.

Участок цепи, на котором не действуют сторонние силы, называется *однородным*. Участок цепи, на котором на носители тока действуют сторонние силы, называется *неоднородным*.

Работа результирующей силы по перемещению заряда на участке цепи, равна сумме работ электрических и сторонних сил:

$$A = A_{\text{эл}} + A_{\text{ст}} = q_0 (\varphi_1 - \varphi_2) + q_0 \varepsilon \quad (6.23)$$

Для замкнутой цепи ($\varphi_1 = \varphi_2$) работа электрических сил равна нулю и

$$A = A_{\text{ст}} = q_0 \varepsilon.$$

Напряжением (U) называется физическая величина, численно равная суммарной работе совершаемой электрическими и сторонними силами по перемещению единичного положительного заряда на данном участке цепи:

$$U = \frac{A_{\text{эл}}}{q_0} + \frac{A_{\text{ст}}}{q_0} = (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon \quad (6.24)$$

Понятие напряжение является обобщением понятия разность потенциалов; напряжение на концах участка цепи равно разности потенциалов, если участок не содержит источника тока (т. е. на участке не действует ЭДС, сторонние силы отсутствуют).



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 109 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Как было установлено носителями зарядов в металлах являются свободные электроны. Таким образом, ток в металлических проводниках это направленное движение свободных электронов (несмотря на то, что за направление тока принято направление движения положительно заряженных частиц).

Еще в 1826 году немецкий физик Ом опытным путем установил, что сила тока в проводнике пропорциональна напряжению U между концами проводника:

$$I = kU, \quad (6.25)$$

где k – коэффициент пропорциональности, называемый *электропроводностью или проводимостью* проводника. Единица электрической проводимости – *сименс (См)*.

Величина

$$R = \frac{1}{k}, \quad (6.26)$$

обратная проводимости, называется *электрическим сопротивлением* проводника (R – *англ. resistor, от лат. resisto – сопротивляюсь*). Тогда

$$I = \frac{U}{R} \quad (6.27)$$

Выражение (6.27) называется *законом Ома для однородного участка цепи* (не содержащего источник тока). Единица измерения сопротивления получила название Ом. Из (6.26) следует, что: $1 \text{ Ом} = 1 \text{ В/А}$.

Сопротивление проводника длиной l и площадью поперечного сечения S :

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (6.28)$$

где ρ – *удельное сопротивление* – скалярная физическая величина характеризующая способность вещества проводить электрический ток. Единица удельного сопротивления в СИ: *Ом·м*.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 110 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

В общем случае электрическая цепь состоит из большого числа, соединённых между собой резисторов. Два основных способа соединения элементов электрической цепи в электротехнике это последовательное и параллельное соединение.

При *последовательном соединении* все элементы связаны друг с другом так, что включающий их участок цепи не имеет ни одного узла (рис. 6.7):

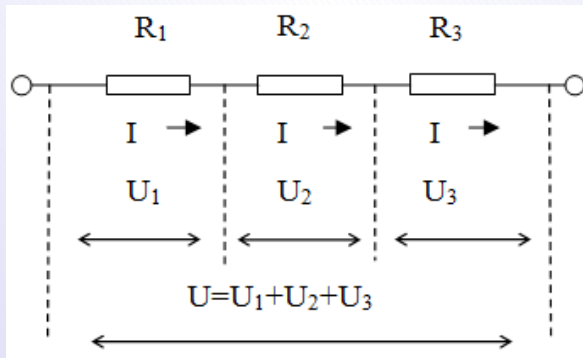


Рисунок 6.7

В этом случае сила тока на всех резисторах одинакова:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \quad (6.29)$$

Напряжение на концах участка равно сумме падений напряжений на каждом резисторе:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (6.30)$$

Падения напряжения на каждом участке равны соответственно:

$$U_1 = IR_1, U_2 = IR_2, U_3 = IR_3, U = IR \quad (6.31)$$

Подставляя (6.31) в (6.30) легко получить, что общее сопротивление цепи:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (6.32)$$

Данная формула справедлива и для N последовательно соединенных резисторов.

При *параллельном соединении* оба вывода одного резистора соединены с соответствующими выводами другого резистора или резисторов (рис. 6.8).



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 111 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

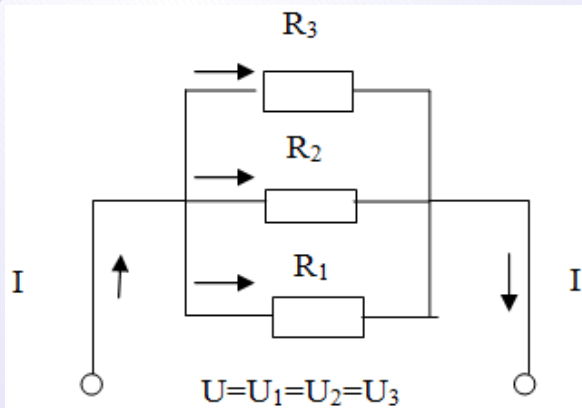


Рисунок 6.8

Сила токов, проходящих через каждый резистор:

Падения напряжения на всех резисторах одинаковы и равны напряжению на концах участка:

$$U = U_1 = U_2 = U_3 \quad (6.33)$$

Силы токов во всех резисторах различны и равны:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2}, I_3 = \frac{U}{R_3} \quad (6.34)$$

Сила тока на всем участке равна сумме

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{U}{R} \quad (6.35)$$

Подставляя (6.34) в (6.35) легко получить выражение для общего сопротивления цепи:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (6.36)$$

Данное выражение справедливо для любого количества проводников.

Пример решения задачи

Проволоку сопротивлением R разрезали на три равные части и скрутили эти части вместе по всей длине. Каково теперь сопротивление проволоки?

Согласно (6.28) $R = \rho \frac{l}{S}$. Так как длина l уменьшилась втрое, а площадь сечения S увеличилась втрое, то сопротивление стало $\frac{R}{9}$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 112 из 300

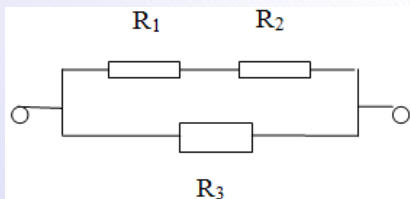
Назад

На весь экран

Заккрыть

Пример решения задачи

Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных сопротивлений, каждое из которых равно 1 Ом. К этим двум резисторам параллельно подключают еще одно сопротивление, значение которого составляет 2 Ом. Всю эту цепь подключают к источнику тока, который создает на концах данного соединения напряжение 2,4 В. Определите силу тока во всей электрической цепи и падения напряжений на каждом из резисторов.



Силу тока во всей электрической цепи можно определить, воспользовавшись законом Ома (6.27): $I = \frac{U}{R_{123}}$, где R_{123} – общее сопротивление цепи, а $U = 2,4$ В. Согласно (6.36): $\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3}$, где $R_{12} = R_1 + R_2$ – сопротивление последовательно соединенных резисторов R_1 и R_2 . Тогда $R_{123} = \frac{R_{12}R_3}{R_{12}+R_3} = 1$ Ом, $I = 2,4$ А. $U_3 = U_{12} = U = 2,4$ В (6.33). $I_{12} = \frac{U_{12}}{R_{12}} = 1,2$ А.

$$U_1 = I_{12}R_1 = 1,2 \text{ В}, \quad U_2 = I_{12}R_2 = 1,2 \text{ В}.$$

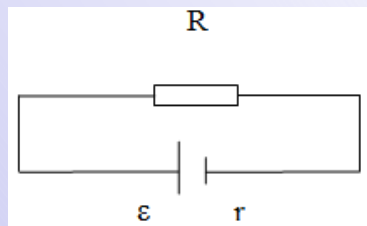


Рисунок 6.9

ЭДС источника. Из (6.37) следует, что напряжение на клеммах источника тока в замкнутой цепи:

В случае замкнутой электрической цепи (рис. 6.9) силу тока определяют по закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}, \quad (6.37)$$

где R – сопротивление внешнего участка цепи (нагрузки), r – внутреннее сопротивление источника тока, ε –

$$U = \varepsilon - Ir < \varepsilon \quad (6.38)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 113 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Сила тока короткого замыкания – максимальная сила тока, которую можно получить от данного источника с электродвижущей силой и внутренним сопротивлением ($R \rightarrow 0$):

$$I_{\text{кз}} = \frac{\varepsilon}{r} \quad (6.39)$$

У источников с малым внутренним сопротивлением ток короткого замыкания может быть очень велик и может вызвать разрушение электрической цепи и источника.

Пример решения задачи

При замыкании источника тока проводником с сопротивлением 1,8 Ом сила тока в цепи равна 0,7 А. Если источник тока замкнуть проводником сопротивлением 2,3 Ом, то сила тока уменьшится до 0,56 А. Определите ЭДС, внутреннее сопротивление и силу тока короткого замыкания.

Воспользуемся законом Ома для полной цепи (6.37) и запишем два уравнения $\varepsilon = I_1 R_1 + I_1 r$ и $\varepsilon = I_2 R_2 + I_2 r$, откуда $r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} = 0,2$ Ом. Тогда $\varepsilon = 1,4$ В и $I_{\text{кз}} = 7$ А (6.39).

При прохождении электрического тока по цепи электрическим полем совершается работа, так называемая *работа тока*:

$$A = qU = IU\Delta t \quad (6.40)$$

Кроме того при прохождении электрического тока проводником выделяется тепло. Это обусловлено тем, что заряженные частицы (носители тока) при движении взаимодействуют с атомами проводника и теряют кинетическую энергию, которая превращается во внутреннюю энергию. Выделяющееся при этом количество теплоты определяется законом Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R \Delta t, \quad (6.41)$$

где Δt – время прохождения тока.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 114 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Мощность тока выражается через формулу (4.7):

$$P = \frac{A}{\Delta t} \quad (6.42)$$

Воспользовавшись (6.40) и (6.27) легко получить:

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (6.43)$$

Работа источника тока – это работа сторонних сил по разделению разноименных зарядов в источнике тока и, как следствие, создание разности потенциалов на клеммах источника тока и электрического поля в окружающем пространстве:

$$A_{\text{ист}} = A_{\text{ст}} = \varepsilon \Delta q = I \varepsilon \Delta t \quad (6.44)$$

Мощность источника тока:

$$P_{\text{ист}} = \frac{A_{\text{ист}}}{\Delta t} = I \varepsilon = \frac{\varepsilon^2}{R + r} \quad (6.45)$$

Теряемая мощность на внутреннем сопротивлении источника тока:

$$P_{\text{тер}} = I^2 r = \frac{\varepsilon^2 r}{(R + r)^2} \quad (6.46)$$

Полезная мощность:

$$P_{\text{полезн}} = I^2 R = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2} \quad (6.47)$$

Коэффициент полезного действия источника тока:

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн}}}{P_{\text{ист}}} \cdot 100\% = \frac{R}{R + r} \cdot 100\% \quad (6.48)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание

◀ ▶

◀◀ ▶▶

Страница 115 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Два сопротивления 5 и 7 Ом соединены последовательно. На обоих сопротивлениях выделилось 960 Дж теплоты. Какое количество теплоты выделилось за это время на первом сопротивлении?

Сила тока, протекающего через последовательные сопротивления одинакова. Тогда количество теплоты, выделившееся на обоих сопротивлениях (6.41): $Q = I^2 (R_1 + R_2) \Delta t$. Количество теплоты, выделившееся на первом сопротивлении: $Q_1 = I^2 R_1 \Delta t$. Исключая силу тока и время получим: $Q_1 = \frac{QR_1}{R_1 + R_2} = 400$ Дж.

Пример решения задачи

Номинальная мощность лампочки 36 Вт, ее номинальное напряжение 120 В. Какая в ней будет выделяться мощность при включении в сеть с напряжением 220 В?

Выразим сопротивление лампочки при номинальном режиме работы: $R = \frac{U_n^2}{P_n}$. Тогда $P = \frac{U^2}{R} = \left(\frac{U}{U_n}\right)^2 P_n = 121$ Вт.

Пример решения задачи

Конденсатор емкостью 8 мкФ, заряженный до напряжения 100 В, подсоединили для подзарядки к источнику с ЭДС 200 В. Сколько теплоты в мДж выделилось при подзарядке?

При подзарядке заряд на конденсаторе изменился на величину $\Delta q = CU_2 - CU_1$ (6.17). Новое напряжение на конденсаторе $U_2 = \varepsilon$. Работа сторонних сил источника (6.44) $A_{ист} = \varepsilon \Delta q = C\varepsilon^2 - CU_1^2$. Запишем закон сохранения энергии $A_{ист} = \Delta W + Q$, где (6.19) $\Delta W = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$ – изменение электрической энергии конденсатора. Получаем $Q = \frac{C(\varepsilon^2 - U_1^2)}{2} = 40$ мДж.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 116 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Магнитные свойства некоторых железных руд (способность притягивать к себе железные предметы) известны с глубокой древности и получили применение более чем за тысячу лет до нашей эры в устройстве магнитного компаса. Выяснилось, что постоянный магнит имеет два полюса – *северный* (обозначается буквой N) и *южный* (обозначается S). Северным полюсом магнит, которому предоставлена возможность свободно ориентироваться, поворачивается на север, а южным – на юг. Оказалось также, что разноименные полюсы магнитов взаимно притягиваются, а одноименные отталкиваются. В результате, в науке возникло представление о существовании магнитных зарядов. Однако оказалось, что если электрический диполь можно разделить на отрицательный и положительный заряды, то из разрезанного магнита всегда получается два новых магнита. Разделить полюса магнита не удалось.

В 1820 году датский физик Эрстед установил, что провод, по которому течет электрический ток, воздействует на расположенную вблизи него магнитную стрелку. Магнитная стрелка поворачивается перпендикулярно проводу. Тогда же французский физик Ампер обнаружил магнитное взаимодействие двух проводников с током (взаимное притяжение или отталкивание в зависимости от направления протекающих в них токов). Последующие опыты показали, что магнитными свойствами обладает и ток в жидкостях, газах, любой движущийся электрический заряд. Таким образом, выяснилось, что вокруг движущихся электрических зарядов (электрических токов) возникает еще один вид поля – *магнитное поле*. Никаких магнитных зарядов не существует, магнитное поле порождается движущимися электрическими зарядами и переменным электрическим полем. Магнитное поле является силовым полем – оно действует с некоторой силой на движущиеся заряды, проводники с током, постоянные магниты. Так как магнитное поле является силовым полем, то его изображают графически посредством силовых линий также как и электрическое поле. Силовые линии магнитного поля всегда замкнуты, они не имеют ни начала, ни конца. Поэтому магнитное поле является вихревым. Так магнитное поле постоянно-го магнита имеет следующий вид



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 117 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

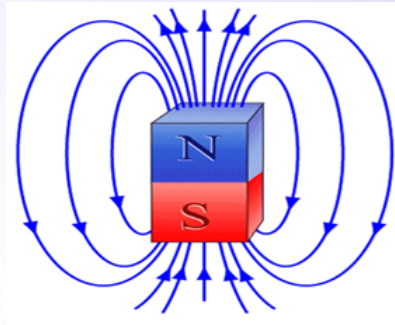


Рисунок 6.10

Касательная к магнитной силовой линии в любой ее точке совпадает с так называемым *вектором магнитной индукции* \vec{B} . Направление вектора магнитной индукции задается направлением магнитной стрелки, помещенной в данную точку поля. Оно совпадает с направлением, которое указывает северный полюс стрелки.

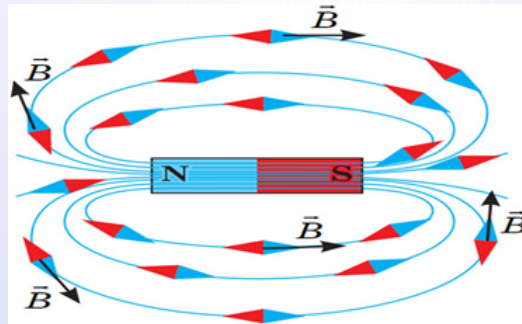


Рисунок 6.11

Поэтому силовые линии магнитного поля обычно называют линиями магнитной индукции.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 118 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Вектор магнитной индукции \vec{B} – основная силовая характеристика магнитного поля (аналогичная вектору напряженности \vec{E} для электрического поля). Единица измерения магнитной индукции в СИ – *тесла (Тл)*. Вектор магнитной индукции характеризует результирующее магнитное поле создаваемое всеми макро- и микротоками.

*Макроток*и – электрические токи протекающие по проводникам в электрических цепях. *Микроток*и – обусловлены движением электронов в атомах вещества. Поэтому при одном и том же макротокe \vec{B} в разных средах будет иметь различное значение. Индукция \vec{B} в веществе и индукция \vec{B}_0 в вакууме связаны между собой следующим соотношением

$$\vec{B} = \mu \vec{B}_0, \quad (6.49)$$

где μ – *магнитная проницаемость вещества*, безразмерная физическая величина, характеризующая магнитные свойства среды.

Для вакуума $\mu = 1$.

Магнитное поле прямолинейного проводника с током и кругового витка с током имеет следующий вид

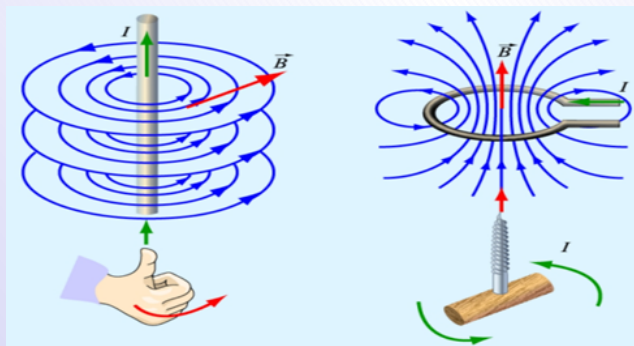


Рисунок 6.12



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 119 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Направление линий индукции магнитного поля прямолинейного проводника с током можно определить при помощи *правила правой руки*: если мысленно обхватить проводник правой рукой так, чтобы большой палец указывал направление тока, то остальные пальцы окажутся, согнуты в направлении линий магнитной индукции (рис. 6.12).

Индукция магнитного поля, создаваемого бесконечным прямолинейным проводником с током (в вакууме) в точках, находящихся на расстоянии r от его оси, определяется по формуле

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \quad (6.50)$$

где I – сила тока, μ_0 – магнитная постоянная, зависящая от выбора системы единиц. В международной системе единиц $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$.

Направление линий индукции магнитного поля в центре кругового проводника с током можно определить при помощи *правила буравчика*: если поступательное движение буравчика совпадает с направлением тока, то рукоятка буравчика поворачивается в направлении линий магнитной индукции.

Модуль индукции магнитного поля, созданного в центре кругового проводника с током (в вакууме), определяется по формуле

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}, \quad (6.51)$$

где I – сила тока, μ_0 – магнитная постоянная, R – радиус проводника.

Когда магнитное поле создается несколькими источниками, то индукцию результирующего магнитного поля можно определить по принципу суперпозиции:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n \quad (6.52)$$

Алгоритм нахождения индукции результирующего магнитного поля аналогичен алгоритму нахождения результирующей силы (с учетом рис. 6.12).



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 120 из 300

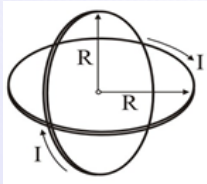
Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

По двум круговым виткам с одинаковыми радиусами течет ток одинаковой величины. Витки имеют общий центр, а их плоскости перпендикулярны друг другу. Для каждого из них модуль магнитной индукции равен $0,4$ Тл. Определите модуль вектора магнитной индукции результирующего поля.



Согласно ((6.52)): $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$. Воспользовавшись правилом буравчика (рис. 6.12), получим что вектора \vec{B}_1 и \vec{B}_2 перпендикулярны. Тогда $B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = 0,4\sqrt{2}$ Тл

Действие магнитного поля на проводник с током было исследовано французским физиком Ампером. Ампер на основе опытов установил, что на прямолинейный проводник длиной l с силой тока I со стороны однородного магнитного поля, индукция которого \vec{B} , действует сила, модуль которой определяется выражением:

$$F = IBl \sin \alpha, \quad (6.53)$$

где α – угол между направлением тока в проводнике и вектором магнитной индукции \vec{B} .

Наглядно направление силы Ампера принято определять по правилу левой руки: если ладонь левой руки расположить так, чтобы в нее входил вектор \vec{B} , а четыре вытянутых пальца расположить по направлению тока в проводнике, то отогнутый большой палец покажет направление силы Ампера (рис. 6.13)

Из формулы (6.53) вытекает единица измерения магнитной индукции – тесла (Тл). Пусть \vec{B} перпендикулярен направлению тока в проводнике, тогда $\sin \alpha = 1$ и

$$B = \frac{F}{Il} \quad (6.54)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 121 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

$$1 \text{ Тл} = \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \quad (6.55)$$

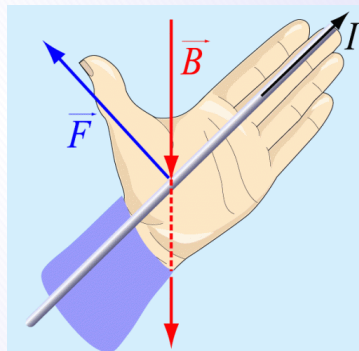


Рисунок 6.13

1 Тл – магнитная индукция такого однородного магнитного поля, которое действует с силой 1 Н на каждый метр длины прямолинейного проводника, расположенного перпендикулярно направлению поля, если по этому проводнику проходит ток 1 А .

Пример решения задачи

Проводник длиной 140 см согнули под прямым углом так, что одна из сторон угла равна 60 см и поместили в однородное магнитное поле с индукцией 2 мТл обеими сторонами перпендикулярно линиям индукции. Какая сила (в мН) будет действовать на этот проводник, если по нему пропустить ток силой 10 А ?



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

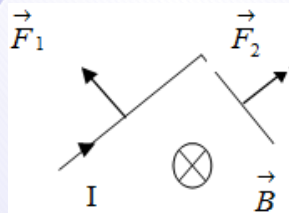


Страница 122 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть



На каждую из сторон угла действует сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки (рис. 6.13). Так как угол между силами равен 90° , то результирующая сила находится по теореме Пифагора $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = IB\sqrt{l_1^2 + l_2^2} = 20 \text{ мН}$.

Пример решения задачи

В однородном магнитном поле с индукцией $0,01 \text{ Тл}$ находится проводник, расположенный горизонтально. Линии индукции магнитного поля также горизонтальны и перпендикулярны проводнику. Какой ток должен протекать по проводнику, чтобы он завис? Масса единицы длины проводника $0,01 \text{ кг/м}$.

Ток должен быть направлен так, чтобы сила Ампера была направлена вертикально вверх, и такую величину силы тока, чтобы сила Ампера по величине была равна силе тяжести:

$$I = \frac{mg}{Bl} = 10 \text{ А}$$

Также как и на проводник с током, магнитное поле действует и на движущийся в нем отдельный заряд. Процесс взаимодействия движущихся зарядов с внешним магнитным полем исследовался датским физиком Лоренцем. В результате обобщения опытных данных он вывел формулу для расчета силы, действующей со стороны магнитного поля на движущуюся заряженную частицу. Данная сила получила название *сила Лоренца*:

$$F_{\text{л}} = q\vec{v}\vec{B} \sin \alpha, \quad (6.56)$$

где q – заряд частицы, \vec{v} – ее скорость, \vec{B} – магнитная индукция, α – угол между векторами \vec{B} и \vec{v} . Будучи перпендикулярна скорости, сила Лоренца изменяет только направление скорости движения частицы и не изменяет ее величину.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 123 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Если частица влетает в однородное магнитное поле параллельно линиям магнитной индукции, то она продолжает двигаться по прямой линии с первоначальной скоростью равномерно и прямолинейно ($\alpha = 0$, $\sin \alpha = 0$ и следовательно $F_{\perp} = 0$).

Если вектор начальной скорости частицы перпендикулярен линиям магнитной индукции, то в этом поле частица будет двигаться по окружности некоторого радиуса с постоянным периодом. При этом период обращения зависит только от удельного заряда q/m частицы.

Если частица влетает в однородное магнитное поле под неким углом α к вектору магнитной индукции \vec{B} , то ее траектория представляет собой винтовую спираль (рис. 6.14).

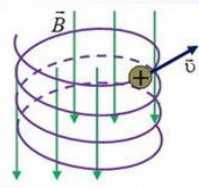


Рисунок 6.14

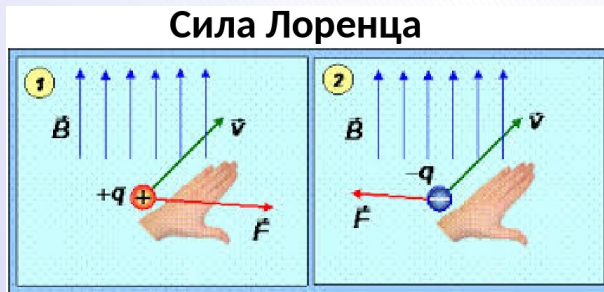


Рисунок 6.15



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 124 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Наглядно направление силы Лоренца принято определять по правилу левой руки: если левую руку расположить так, чтобы вектор индукции магнитного поля «входил» в ладонь, а четыре вытянутых пальца указывали направление вектора скорости заряженной частицы, то отогнутый на 90° большой палец укажет направление силы Лоренца, действующей на положительный заряд; на отрицательный заряд сила Лоренца действует в противоположном направлении (рис. 6.15).

Пример решения задачи

Перпендикулярно линиям магнитной индукции в однородное магнитное поле влетает протон и однозарядный ион гелия, ускоренные одинаковой разностью потенциалов. Во сколько раз радиус окружности, по которой движется ион, больше чем радиус окружности протона.

И протон, и ион гелия движутся по окружностям под действием силы Лоренца. Уравнения движения (3.3) протона и иона имеют вид

$$F_1 = m_1 a_1 \text{ и } F_2 = m_2 a_2,$$

где $F_1 = e v_1 B$ и $F_2 = e v_2 B$ (6.56), $a_1 = \frac{v_1^2}{R_1}$ и $a_2 = \frac{v_2^2}{R_2}$ (2.19), $m_2 = 4m_1$.

Таким образом, получим два уравнения: $e v_1 B = m_1 \frac{v_1^2}{R_1}$ и $e v_2 B = m_2 \frac{v_2^2}{R_2}$. Разделив уравнения друг на друга, выразим отношения радиусов: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1}$. Воспользовавшись (4.12) и 6.12 запишем: $eU = \frac{m_1 v_1^2}{2}$ и $eU = \frac{m_2 v_2^2}{2}$, откуда получаем $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$.

Окончательно $\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = 2$.

При рассмотрении вопроса о движении заряженных частиц в магнитном поле было установлено, что на них действует сила Лоренца. В каждом проводнике содержатся свободные электроны. Если этот проводник перемещать в магнитном поле, то каждый электрон, находящийся в проводнике, подвергнется воздействию си-



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 125 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

лы Лоренца. Произойдет перемещение зарядов и на концах проводника возникнет некоторая разность потенциалов. Если такой проводник замкнуть по цепи пойдет электрический ток. Следовательно, в проводнике *индуцируется* (от латинского слова *inductio* – *наведение*) электродвижущая сила (ЭДС индукции ε_i). Возникающий в проводнике ток называют *индукционным*, а само явление – явлением электромагнитной индукции.

Электрический ток возникает не только при поступательном движении контура (замкнутого проводника) в магнитном поле, но и в случаях, когда он вращается, происходит его деформация или неподвижный контур находится в переменном магнитном поле. Явление электромагнитной индукции открыл в 1831 году английский физик Майкл Фарадей. Это фундаментальное открытие явилось опытным подтверждением неразрывной связи магнитных и электрических явлений и является основой всей электротехники.

Условием возбуждения индукционного тока в контуре является изменение *потока магнитной индукции* (Φ), пронизывающего площадь S этого контура. Фактически *магнитный поток* равен числу линий магнитной индукции пронизывающих поверхность, ограниченную контуром. Если магнитное поле однородно то

$$\Phi = BS \cos \alpha, \quad (6.57)$$

где B – магнитная индукция, α – угол между направлением вектора магнитной индукции и нормалью \vec{n} к поверхности (**рисунок 6.16**). Единица измерения магнитного потока – *вебер* ($Вб$). Данная единица названа в честь немецкого физика Вильгельма Вебера. Под $1 Вб$ понимают магнитный поток через площадку в $1 м^2$, перпендикулярную магнитному полю, магнитная индукция которого равна $1 Тл$.

Таким образом, величина ЭДС индукции ε_i определяется скоростью изменения магнитного потока

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (6.58)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 126 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

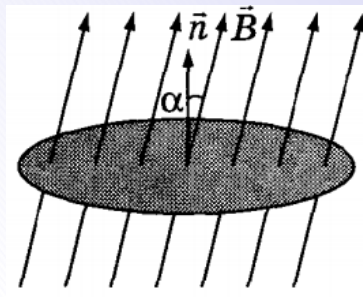


Рисунок 6.16

Данное выражение носит название закона электромагнитной индукции или *закона Фарадея*. Знак «-» в формуле (6.58) отражает направление индукционного тока. Общее правило для определения направления индукционного тока установил в 1833 г. русский физик Ленц: *индуцированный ток имеет такое направление, что его собственное магнитное поле компенсирует изменение магнитного потока, вызывающее этот ток*. Исходя из формулы (6.58) можно дать другое определение единице магнитного потока. Если магнитный поток через площадь ограниченную контуром, изменяется на 1 Вб за 1 с , то в контуре индуцируется ЭДС равная 1 В . Следовательно: $1 \text{ Вб} = 1 \text{ В} \cdot \text{с}$.

Закон Фарадея применим не только к отдельному контуру (витку), но и к катушке, которую можно представить как N витков

$$\varepsilon_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (6.59)$$

Пример решения задачи

Проводник длиной 2 м движется со скоростью 10 м/с в однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл . Вектор скорости перпендикулярен проводнику и образует с линиями индукции угол 30° . Найдите ЭДС, индуцируемую в проводнике.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 127 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

На любой заряд q в проводнике, движущемся в магнитном поле, действует сила Лоренца $F_L = qvB \sin \alpha$ (6.56). Эта сила играет роль сторонней силы. Согласно (6.22) $\varepsilon = \frac{A_{cm}}{q}$, где $A_{cm} = F_L l$ (4.6). Тогда :

$$\varepsilon = \frac{(qvB \sin \alpha)l}{q} = Bvl \sin \alpha = 2 \text{ В}$$

Пример решения задачи

Металлическое кольцо, площадь которого $0,08 \text{ м}^2$, а сопротивление $4 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$, помещено в однородное магнитное поле так, что плоскость кольца перпендикулярна линиям индукции поля. Какое количество теплоты (в мкДж) выделяется в кольце за $0,1 \text{ с}$, если индукция магнитного поля убывает со скоростью $0,01 \text{ Тл/с}$?

При изменении магнитного поля в кольце, согласно закону Фарадея (6.58), возникает ЭДС индукции $\varepsilon_i = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ и возбуждается индукционный ток, сила тока, которого определяется законом Ома (6.37) $I = \frac{\varepsilon_i}{R}$. $\Delta \Phi = B_2 S \cos \alpha - B_1 S \cos \alpha = \Delta B S \cos \alpha = \Delta B S$, так как $\alpha = 0$ и $\cos \alpha = 1$. Количество теплоты, выделяющееся в кольце найдем из закона Джоуля-Ленца (6.41)

$$Q = I^2 R \Delta t = \left(\frac{\varepsilon_i}{R} \right)^2 R \Delta t = \left(\frac{\Delta B}{\Delta t} S \right)^2 \frac{\Delta t}{R} = 16 \text{ мкДж.}$$

Рассмотрим частный случай явления электромагнитной индукции: самоиндукцию. Ток, текущий по контуру создает вокруг себя магнитное поле. Магнитный поток Φ , связанный с контуром, пропорционален силе тока I в контуре, т. е.

$$\Phi = LI, \tag{6.60}$$

где L – коэффициент, получивший название – *индуктивность*. Он зависит от формы и размеров проводника. Предположим теперь, что за время Δt ток в контуре меняется на величину ΔI . Тогда согласно формуле (6.60) магнитный поток, связанный с



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 128 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

контуром, изменится на величину

$$\Delta\Phi = L\Delta I, \quad (6.61)$$

в результате чего в этом контуре появится электродвижущая сила самоиндукции

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (6.62)$$

Из формулы (6.62) вытекает единица измерения индуктивности – *генри* (Гн):

$$1 \text{ Гн} = \frac{1\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} \quad (6.63)$$

Единица названа в честь американского физика Джозефа Генри. Знак минус в формуле (6.62) показывает, что ЭДС самоиндукции (следовательно, и ток самоиндукции) всегда препятствует изменению основного (внешнего) тока. Если основной ток увеличивается ($\frac{\Delta I}{\Delta t} > 0$), то $\varepsilon_i < 0$ и ток самоиндукции направлен навстречу основному току. Если же основной ток уменьшается ($\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0$), то $\varepsilon_i > 0$ и ток самоиндукции направлен одинаково с основным током.

Энергия магнитного поля, образованного током, равна работе затраченной на создание тока (без тепловых потерь) и определяется выражением:

$$W = \frac{LI^2}{2} \quad (6.64)$$

Пример решения задачи

Магнитный поток через площадь контура, создаваемый током 10 А, текущим по контуру, равен 0,9 мВб. Определите ЭДС самоиндукции (в мВ), возникающую в контуре при равномерном убывании силы тока до 5 А за 1 мс.

Из уравнения (6.60) $\Phi = LI$ находим индуктивность: $L = \frac{\Phi}{I}$, после чего определяем ЭДС самоиндукции: $\varepsilon_i = L\frac{\Delta I}{\Delta t} = 450 \text{ мВ}$.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 129 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Лекция 7. Колебания и волны

Колебательное движение. Амплитуда, период, частота, фаза колебаний. Уравнение гармонических колебаний. Математический и пружинный маятники. Превращения энергии при гармонических колебаниях. Упругие волны. Поперечные и продольные волны. Связь длины волны со скоростью ее распространения и периодом (частотой). Звуковые волны. Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в контуре. Математическая модель свободных колебаний в контуре, частота и период колебаний. Электромагнитные волны и скорость их распространения.

Литература: [1, с. 261–282], [2, с. 208–224]

Колебательным движением (колебанием) называется процесс, при котором система, многократно отклоняясь от своего состояния равновесия, каждый раз вновь возвращается к нему. Если этот возврат совершается через равные промежутки времени, то колебание называется периодическим. Механические колебания широко распространены в природе и технике: вибрация натянутой струны, движение поршня двигателя, морские приливы и отливы, волнение водной поверхности, биение сердца, дыхание и т. д.

Несмотря на большое разнообразие колебательных процессов все они совершаются по некоторым общим закономерностям и могут быть сведены к совокупности периодических колебаний, называемых *гармоническими* (от греческого слова *гармоникос – стройный*). В случае гармонических колебаний колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса или косинуса. *Уравнение гармонических колебаний* (зависимость координаты тела от времени) имеет следующий вид:

$$x = A \sin \varphi \text{ или } x = A \cos \varphi, \quad (7.1)$$

где x – *смещение* (координата) тела (величина, задающая смещение тела из положения равновесия в момент времени t), A – *амплитуда колебаний* (максимальное



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 130 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

отклонение колеблющегося тела от положения равновесия), φ – фаза колебаний (аргумент тригонометрической функции в уравнении гармонических колебаний, определяющий) смещение колеблющегося тела в любой момент времени). Единицей фазы в СИ является *радиан (рад)*.

$$\varphi = \omega t + \varphi_0, \quad (7.2)$$

где ω – *циклическая (угловая) частота* (число полных колебаний, совершаемых в течение 2π единиц времени), φ_0 – *начальная фаза* (фаза определяющая положение колеблющегося тела в начальный момент времени). Единицей циклической частоты в СИ является *рад/с*.

Используя (7.2) уравнение гармонических колебаний можно записать в виде

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \text{ или } x = A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (7.3)$$

Важными характеристиками механических колебаний являются также период и частота. *Период колебаний T* – время одного полного колебания, т. е. наименьший промежуток времени, по истечении которого повторяются значения всех физических величин, характеризующих колебание. В СИ единицей измерения периода колебаний является *секунда (с)*.

Частота колебаний (ν) – число колебаний в единицу времени. В СИ единицей измерения частоты является *герц (Гц)*.

Период и частота величины взаимно обратные:

$$T = \frac{1}{\nu} \quad (7.4)$$

Кроме этого период связан с циклической частотой следующим соотношением:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (7.5)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 131 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Графиком гармонического колебания является синусоида (или косинусоида). По графику колебаний можно определить все характеристики колебательного движения.

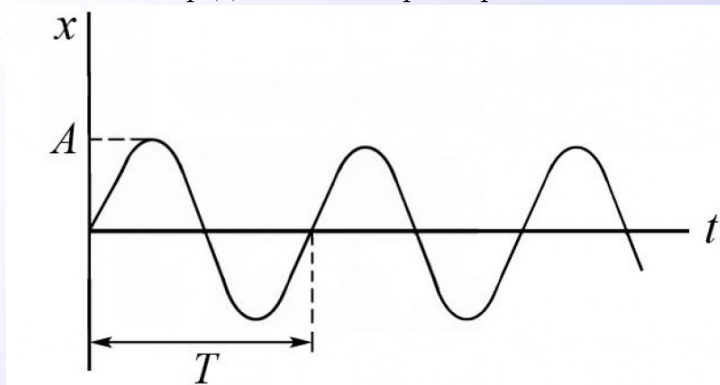


Рисунок 7.1

Математический маятник – это материальная точка, подвешенная на тонкой нерастяжимой и невесомой нити. Если отклонить маятник от положения равновесия, то сила тяжести и сила упругости будут направлены под углом.

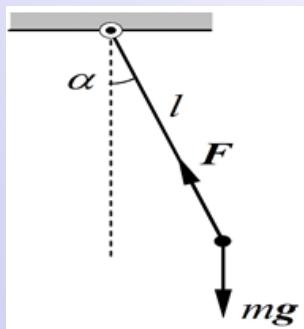


Рисунок 7.2

Равнодействующая сила уже не будет равна нулю. Под воздействием этой силы маятник устремится к положению равновесия, но по инерции движение продолжится и маятник отклоняется в другую сторону. Равнодействующая сила его снова возвращает. Далее процесс повторяется. Период колебаний математического маятника определяется выражением:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (7.6)$$

где l – длина нити, g – ускорение свободного падения.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 132 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Пружинный маятник – механическая система, лежащая на гладкой поверхности, состоящая из пружины с коэффициентом упругости (жёсткостью) k (закон Гука), один конец которой жёстко закреплён, а на втором находится груз массы m .

Период колебаний пружинного маятника определяется выражением:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (7.7)$$

В системах совершающих свободные гармонические колебания, т. е. в колебательных системах без трения выполняется закон сохранения механической энергии (4.16).

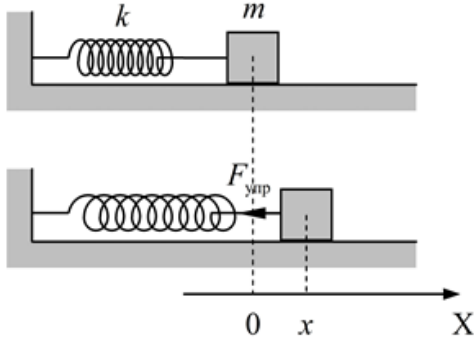


Рисунок 7.3

Превращение энергии в колебательных процессах

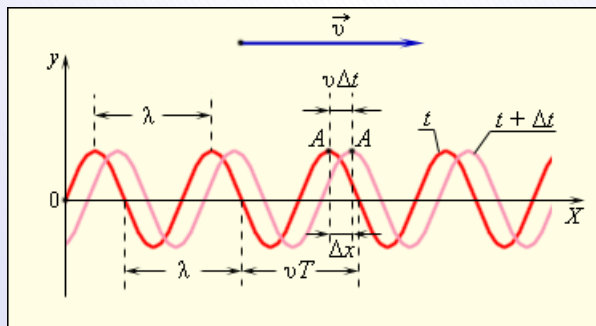


Рисунок 7.4

Если источник колебаний поместить в среду частицы, которой жестко связаны между собой, то процесс колебаний начнет передаваться от одной точки среды к другой. Такой процесс называется механической волной. Направление распространения



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 133 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

волны называется лучом. Если частицы среды колеблются перпендикулярно лучу, то такая волна называется поперечной, если вдоль луча то продольной. Рассмотрим основные характеристики волнового процесса на примере поперечной волны (рисунок 7.4). За время Δt волна переместилась вдоль оси OX на расстояние $v\Delta t$.

Длиной волны λ (рисунок 7.4) называется расстояние между ближайшими точками волны, совершающими колебания в одной фазе (одинаковыми являются все фазы, различающиеся между собой на $2\pi n$, где n – любое целое число).

Периодом волны T называется время одного полного колебания ее точек. Очевидно, что длина волны равна расстоянию, на которое распространяется колебание за период T со скоростью v :

$$\lambda = vT \quad (7.8)$$

Так как частота $\nu = 1/T$, то

$$v = \lambda\nu \quad (7.9)$$

Пример решения задачи

Точка струны совершает колебания с частотой 1 кГц. Какой путь в (см) пройдет эта точка за 1,2 с, если амплитуда колебаний 1 мм?

За период колеблющаяся точка проходит путь, равный четырем амплитудам. Таким образом $s = 4AN$, где A – амплитуда, $N = \frac{t}{T} = t \cdot \nu$ – число полных колебаний. Следовательно, $s = 4At\nu = 480$ см.

Пример решения задачи

Через сколько секунд от начала движения точка, совершающая колебания по закону $x = A \cos \omega t$, сместится от начального положения на половину амплитуды? Период колебаний 24 с.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 134 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Чтобы найти искомое время надо подставить смещение $x = \frac{A}{2}$ в закон движения. Получаем: $\frac{A}{2} = A \cos \omega t$, откуда находим $\omega t = \frac{\pi}{3}$. Так как $T = \frac{2\pi}{\omega}$ (7.5), т. е. время равно $t = \frac{T}{6} = 4$ с.

Пример решения задачи

На сколько процентов увеличится период колебаний математического маятника при помещении его в кабину скоростного лифта, опускающегося с ускорением $0,36g$?

Проецируя второй закон Ньютона (3.3) на вертикальную ось, получим $mg - F_n = ma$. Следовательно, сила натяжения $F_n = m(g - a)$. Движение лифта с ускорением эквивалентно изменению ускорения силы тяжести от g к новому значению $g' = g - a$. Соответственно, период колебаний маятника станет равным (7.6) $T' = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}}$. Для заданного в условии значения a получаем $T' = 1,25T$, т. е. период колебаний увеличится на 25%.

Когда проводник движется в постоянном магнитном поле, индукционный ток вызывается силой Лоренца. Какая же сила возбуждает индукционный ток в неподвижном проводнике, находящемся в переменном магнитном поле? Ответ на этот вопрос был дан выдающимся английским физиком Максвеллом. Согласно Максвеллу, всякое переменное магнитное поле возбуждает в окружающем пространстве электрическое поле. Последнее и является причиной возникновения индукционного тока в контуре.

Между тем, как понимали явление электромагнитной индукции Максвелл и Фарадей имеется существенное различие. Согласно Фарадею, электромагнитная индукция состоит в возбуждении электрического тока. А Максвелл видит сущность электромагнитной индукции, прежде всего в возбуждении электрического поля, а



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 135 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

не тока. Появление индукционного тока в замкнутом проводнике есть лишь одно из проявлений электрического поля. Электромагнитная индукция может наблюдаться и тогда, когда в пространстве вообще нет никаких проводников. Возникающее электрическое поле может производить и другие действия: поляризовать диэлектрик, вызывать пробой конденсатора, изменять скорость заряженных частиц и т. д.

На основе исследований Фарадея по электромагнитной индукции Максвеллом в 60-х годах 19 века была разработана теория единого электромагнитного поля. Согласно этой теории переменное электрическое поле порождает переменное магнитное поле, а переменное магнитное поле порождает переменное электрическое поле. Эти вторичные поля имеют вихревой характер. Образуется система «переплетенных» между собой электрических и магнитных полей – *электромагнитное поле*. Постоянные электрические и магнитные поля являются лишь частными случаями единого электромагнитного поля. Источниками электромагнитного поля служат всевозможные переменные токи: переменный ток в проводниках, колебательное движение заряженных частиц, движение электронов в атомах и т. д.

Распространяющееся в пространстве электромагнитное поле, в котором напряженности электрического и магнитного полей изменяются по периодическому закону, называется *электромагнитной волной*. Скорость распространения электромагнитной волны совпадает со скоростью распространения света (в вакууме приблизительно $3 \cdot 10^8$ м/с). Для создания электромагнитных волн, способных переносить энергию на значительное расстояние, необходим переменный ток с частотой порядка миллиона герц. Переменные токи такой высокой частоты называют электрическими колебаниями.

Обычные генераторы переменного тока не могут создать ток такой частоты. В качестве источника электромагнитных волн высокой частоты используется так называемый колебательный контур. Простейший колебательный контур состоит из конденсатора и катушки (**рис. 7.5**).



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 136 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

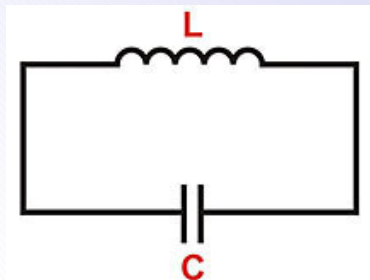


Рисунок 7.5

Для возбуждения в контуре электрических колебаний конденсатор предварительно заряжают. Пусть верхняя пластина конденсатора заряжена положительно, а нижняя отрицательно. В начальный момент времени вся энергия контура будет сосредоточена в конденсаторе. Конденсатор начнет разряжаться, через катушку потечет электрический ток. Электрическая энергия конденсатора начнет превращаться в магнитную энергию катушки.

Когда конденсатор разрядится, ток в контуре и энергия катушки достигнут максимального значения. С этого момента ток в контуре, не меняя направления, будет уменьшаться, перезаряжая при этом конденсатор (нижняя пластина заряжается положительно, а верхняя отрицательно). Через некоторый промежуток времени конденсатор полностью перезарядится и энергия контура вновь окажется в электрическом поле конденсатора. В контуре появится ток, и процесс пойдет в обратном направлении.

Таким образом, в контуре возникает переменный электрический ток (электрические колебания). Период возникающих электрических колебаний определяется формулой Томсона (получена американским физиком Томсоном)

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (7.10)$$



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 137 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Подбирая соответствующие значения индуктивности и емкости можно получать переменный ток очень высокой частоты, который создает интенсивное электромагнитное излучение. Длина электромагнитной волны в вакууме определяется выражением:

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}, \quad (7.11)$$

где $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме.

Полная энергия колебательного контура равна сумме энергий электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки:

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} \quad (7.12)$$

В случае *идеального колебательного контура* (в отличие от реального колебательного контура, который обладает электрическим сопротивлением R , электрическое сопротивление идеального контура всегда равно нулю) полная энергия контура остается величиной постоянной

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \text{const} \quad (7.13)$$

В 1887–1891 гг. немецкий физик Герц, используя колебательный контур усовершенствованной конструкции (вibrator Герца), установил идентичность природы электромагнитного излучения и света. Он установил, что скорость распространения электромагнитных волн равна скорости света, чем экспериментально подтвердил теорию Максвелла. Дальнейшие исследования показали, что электромагнитную природу имеет не только видимый свет, но и инфракрасное и ультрафиолетовое излучения, рентгеновские и гамма-лучи, то есть существует целый спектр электромагнитных волн.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 138 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Во сколько раз нужно увеличить емкость контура радиоприемника, настроенного на частоту 6 МГц, чтобы можно было слушать радиостанцию, работающую на длине волны 100 м.

Согласно (7.10) и (7.11): $\lambda_1 = 2\pi\sqrt{LC_1}$, $\lambda_2 = 2\pi\sqrt{LC_2}$, $\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1}$. Получаем

$$\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{\nu_1\lambda_2}{c}\right)^2 = 4$$

Пример решения задачи

Идеальный колебательный контур содержит конденсатор емкостью 8 пкФ и катушку, индуктивность которой 0,2 мГн. Найдите максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока 40 мА.

В процессе колебаний энергия сохраняется (7.13) и максимальная энергия электрического поля в конденсаторе равна максимальной энергии магнитного поля в катушке

$$\frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2}.$$

Получаем $U_{\max} = I_{\max}\sqrt{\frac{L}{C}} = 200 \text{ В}$.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 139 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Лекция 8. Элементы оптики и специальной теории относительности

Скорость света. Прямолинейность распространения света. Отражение света. Зеркала. Преломление света. Полное отражение. Тонкие линзы. Построение изображений в линзах. Формула тонкой линзы. Дисперсия, интерференция и дифракция света. Дифракционная решетка. Постулаты специальной теории относительности. Закон взаимосвязи массы и энергии.

Литература: [1, с. 289–310], [2, с. 236–266]

Оптика (от греческого слова *оптикос* – зрительный) – раздел физики, в котором изучаются вопрос о природе света, закономерности световых явлений и процессы взаимодействия света с веществом. *Видимому* свету соответствуют электромагнитные волны длиной от 0,77 до 0,38 мкм, создаваемые колебаниями зарядов, входящих в состав атомов и молекул. Важной оптической характеристикой среды является *абсолютный показатель преломления n* (или просто показатель преломления). Он показывает во сколько раз скорость света в данной среде меньше скорости света в вакууме

$$n = \frac{c}{v} \quad (8.1)$$

В однородной среде (*оптически однородной средой* является среда, во всех точках которой показатель преломления одинаков) свет распространяется прямолинейно с постоянной скоростью. Прямая, вдоль которой распространяется световая волна, называется *лучом*.

Пример решения задачи

Вертикальный шест высотой 1 м, поставленный недалеко от уличного фонаря, отбрасывает тень длиной 80 см. Если расстояние между фонарным столбом и



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



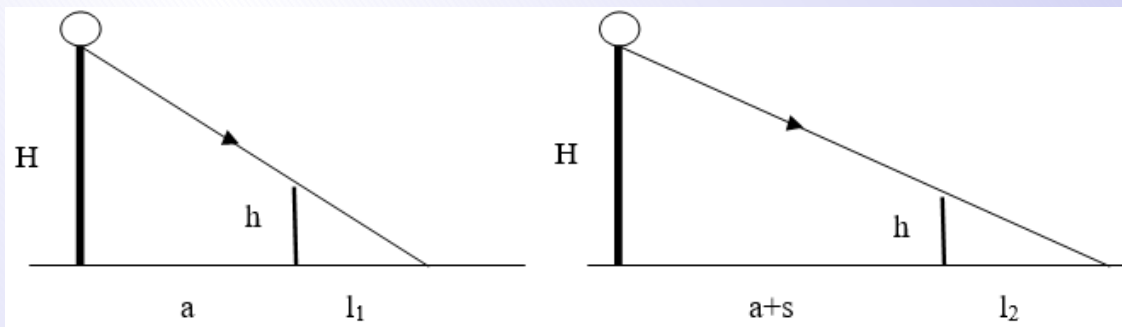
Страница 140 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

шестом увеличить на 1,5 м, то длина тени возрастает до 1,3 м. На какой высоте находится фонарь?



Если обозначить через a первоначальное расстояние от фонарного столба до шеста, то из подобия треугольников получаем

$$\frac{H}{h} = \frac{a + l_1}{l_1} \text{ и } \frac{H}{h} = \frac{a + s + l_2}{l_2}.$$

Из этих двух уравнений $H = h \frac{s+l_2-l_1}{l_2-l_1} = 4 \text{ м.}$

Когда световой луч падает на границу раздела двух сред, он испытывает отражение, то есть возвращается в исходную среду. Именно за счет отражения света мы видим окружающие нас объекты.

Законы отражения света:

1. Падающий луч, отраженный луч и перпендикуляр в точку падения лежат в одной плоскости.
2. Угол падения равен углу отражения.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 141 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

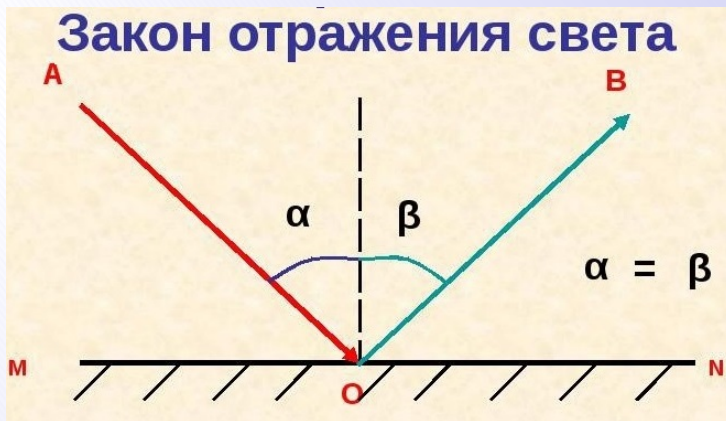


Рисунок 8.1

Очень важным примером применения закона отражения света являются плоские зеркала – плоская поверхность, которая зеркально отражает свет.

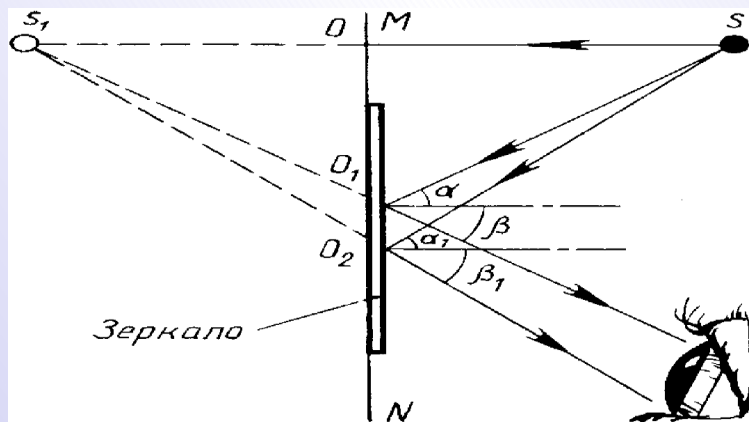


Рисунок 8.2



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 142 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пусть S точечный источник света, испускающий лучи в разные направления (рисунк 8.2), возьмем два близких луча, падающих на плоское зеркало. Отраженные лучи пойдут так, будто они исходят из точки S_1 , которая симметрична точке S относительно плоскости зеркала. Наш мозг сам достраивает расходящийся пучок, продолжая его за зеркало до точки S_1 и нам кажется, что отраженные лучи исходят из этой точки. Таким образом, источника света симметрично источнику относительно плоскости зеркала.

Пример решения задачи

При повороте плоского зеркала угол между падающим и отраженным лучами увеличился на 40° . На какой угол (в градусах) было повернуто зеркало?

При повороте зеркала на угол α , то угол между падающим лучом и нормалью к зеркалу (угол падения) тоже изменится на α ; угол отражения так же изменится на α . Угол между падающим и отраженным лучом изменится на 2α . Так как падающий луч не меняет направления, то при повороте зеркала на α отраженный луч повернулся на 2α . Зеркало повернулось на 20° .

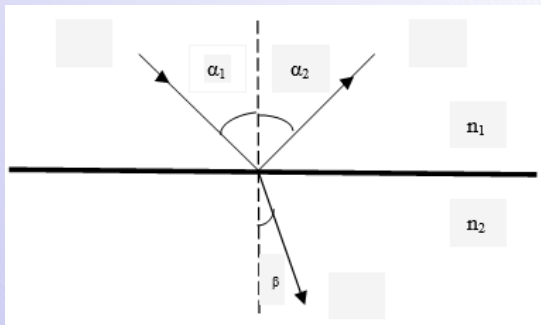


Рисунок 8.3

Прямолинейность световых лучей нарушается, если свет падает на границу раздела двух сред. При этом наблюдается раздвоение луча: отраженный луч распространяется в той же среде с прежней скоростью v_1 , а преломленный луч проходит во второй среде со скоростью v_2 (рисунк 8.3).

Распространение лучей подчиняется законам преломления и отражения света:



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 143 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

1. Угол падения равен углу отражения:

$$\alpha_1 = \alpha_2 \quad (8.2)$$

2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const}, \quad (8.3)$$

где n_1 и n_2 – абсолютные показатели преломления граничащих сред.

3. Луч падающий, луч отраженный и луч преломленный лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным в точке падения к границе раздела.

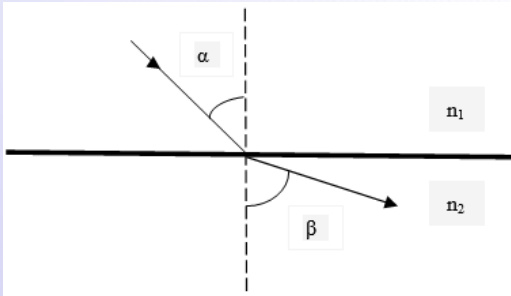


Рисунок 8.4

Из двух сред, имеющих различные показатели преломления, среда с меньшим показателем преломления называется *оптически менее плотной*, а среда с большим показателем преломления – *оптически более плотной*. Если свет проходит из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду, то согласно формуле (8.3), угол падения α будет меньше угла преломления β (рис. 8.4).

Поэтому при некотором угле падения α_0 угол преломления окажется равным 90° , и преломленный луч будет скользить вдоль границы раздела сред, не входя во вторую среду. Угол α_0 называется *предельным углом падения*. При $\alpha > \alpha_0$ свет полностью отражается в первую среду. Это явление называется *полным отражением света*.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 144 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Под каким углом (в градусах) падает луч света на стеклянную пластинку с показателем преломления, равным $\sqrt{3}$, если преломленный луч оказался перпендикулярным к отраженному?

Если преломленный луч перпендикулярен отраженному, то угол отражения α и угол преломления β связаны соотношением $\alpha + \beta = 90^\circ$. Воспользовавшись (8.3) и тем, что $n_1 = 1$, получим $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_2$. После подстановки $\sin \beta = \sin (90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$ получаем уравнение $\operatorname{tg} \alpha = n_2$, откуда $\alpha = 60^\circ$.

Самой существенной частью оптического прибора является линза (от латинского слова *lens* – чечевица). Линзой называется прозрачное тело, обладающее определенным показателем преломления и ограниченное двумя криволинейными (обычно сферическими) поверхностями. Кривизна поверхности характеризуется радиусами кривизны R_1 и R_2 (рис. 8.5)

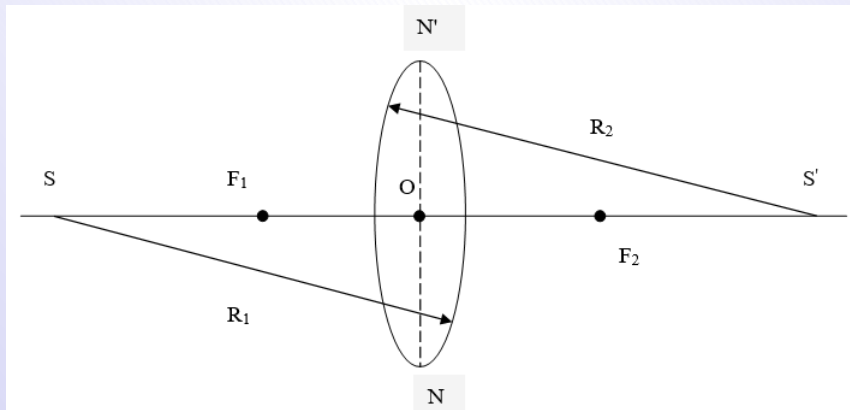


Рисунок 8.5

Если радиусы кривизны велики по сравнению с толщиной линзы, то такая линза называется тонкой. Прямая SS' , проходящая через центры кривизны поверхностей,



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 145 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

образующих линзу, называется *главной оптической осью* линзы. Точка O на главной оптической оси, проходя через которую лучи не преломляются, называется *оптическим центром* линзы. Плоскость, проходящая через прямую NN' , перпендикулярная главной оптической оси, называется *главной плоскостью линзы*. Пучок света, идущий параллельно главной оптической оси, собирается линзой в точке F_2 (F_1), называемой *главным фокусом линзы*. Расстояние F от оптического центра линзы до ее главного фокуса называется *фокусным расстоянием* линзы. Фокусное расстояние собирающей линзы считается положительным ($F > 0$), рассеивающей – отрицательным ($F < 0$).

Изображение предмета, даваемое линзой можно получить непосредственным геометрическим построением. Для этого достаточно провести от каждой из крайних точек предмета по два луча. Один луч должен быть параллельным оптической оси, другой должен проходить через оптический центр. Если предмет расположен между фокусом и двойным фокусом собирающей линзы, то изображение получается действительным, увеличенным, перевернутым (рис. 8.6)

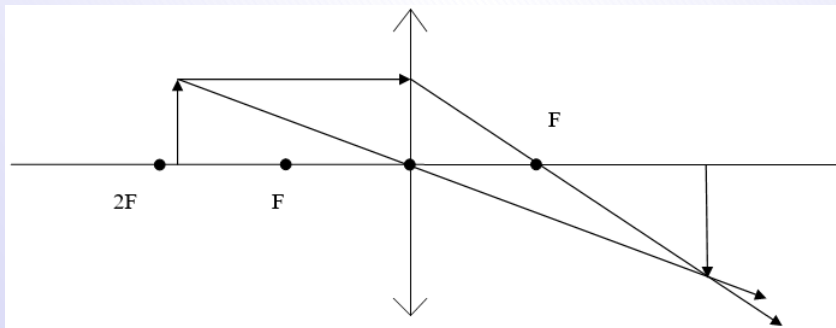


Рисунок 8.6

Если предмет расположен между фокусом и оптическим центром, то изображение получается мнимое, увеличенное и прямое (рис. 8.7)



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 146 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

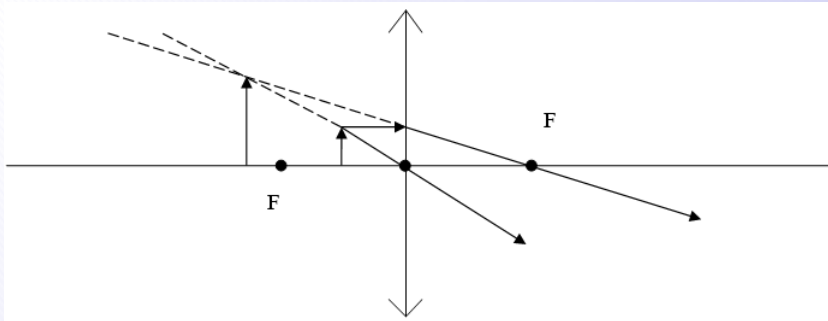


Рисунок 8.7

Положительная или отрицательная величина

$$D = \frac{1}{F} \quad (8.4)$$

называется *оптической силой линзы* и измеряется в *диоптриях* (дптр). Одна диоптрия это оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 1 метр. Оптическая сила системы N тонких линз, сложенных вместе, равна сумме их оптических сил:

$$D = D_1 + D_2 + \dots + D_n \quad (8.5)$$

Формула тонкой линзы, помещенной в однородную среду, имеет вид

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad (8.6)$$

где d и f – расстояния от оптического центра линзы до предмета и его изображения соответственно. Расстояние f положительно для действительного изображения и отрицательно для мнимого. Рассеивающая линза всегда дает мнимое изображение (например, [рис. 8.8](#))



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 147 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

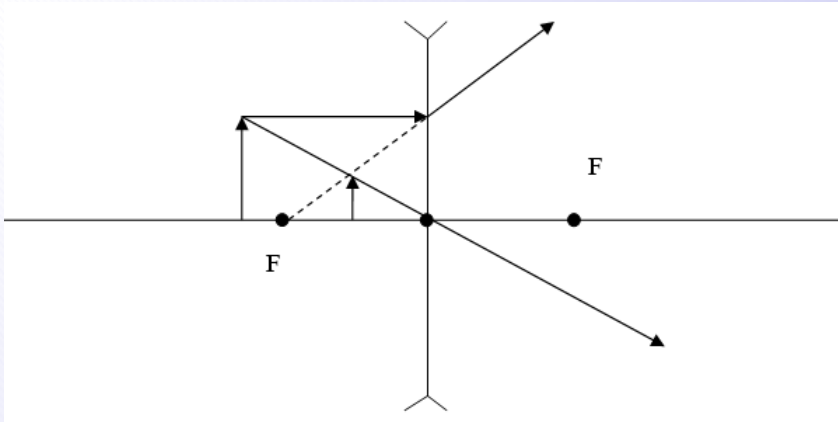


Рисунок 8.8

Имеет место равенство

$$L = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}, \quad (8.7)$$

где L – увеличение линзы, H – линейный размер изображения, h – линейный размер предмета.

Пример решения задачи

Предмет находится на расстоянии 20 см от собирающей линзы с оптической силой 4 дптр. Найдите расстояние (в см) от изображения до предмета.

Из формул (8.4) и (8.6) следует $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, откуда находим $f = -1$. Изображение мнимое, т. е. находится по ту же сторону линзы, что и предмет. Расстояние между предметом и изображением равно 80 см.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 148 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Два точечных источника света находятся на расстоянии 24 см друг от друга. Между ними на расстоянии 6 см от одного из них помещена собирающая линза. При этом изображения обоих источников получились в одной и той же точке. Найдите фокусное расстояние (в см) линзы.

Описанная ситуация возможна если изображение одного источника действительное, а второго – мнимое. Получаем уравнения (используя (8.6)):

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \text{ и } \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

Складываем эти уравнения и выражаем фокусное расстояние:

$$F = \frac{2d_1d_2}{d_1 + d_2} = 9 \text{ см}$$

Интерференция света – это явление усиления или ослабления колебаний, которое происходит в результате сложения двух или нескольких волн сходящихся в некоторой точке пространства. Необходимым условием интерференции волн является их когерентность: равенство их частот и постоянная по времени разность фаз. Этому условию *удовлетворяют монохроматические* световые волны (от греческого *монос* – один, *хрома* – цвет, т. е. монохроматическому свету соответствует какая-либо одна длина волны). При соблюдении данного условия можно наблюдать и интерференцию других волн (например, звуковых).

Для световых волн, так же как и для любых других справедлив принцип суперпозиции. Так как свет имеет электромагнитную природу, то применение этого принципа означает, что результирующая напряженность электрического (магнитного) поля двух световых волн, проходящих через одну точку, равна векторной сумме напряженностей электрических (магнитных) полей каждой из волн в отдельности.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 149 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

В частном случае, когда напряженности составляющих полей равны, но противоположно направлены, напряженность результирующего поля будет равна нулю (свет гасится светом). Если они направлены в одну сторону, происходит максимальное усиление света.

Результатом интерференции является интерференционная картина – устойчивое во времени распределение в пространстве интерференционных максимумов и минимумов (например, чередование темных и светлых полос на экране; в природе радужная окраска крыльев насекомых и птиц, мыльных пузырей, масляной пленки на воде и т. д.).

Частным случаем интерференционной картины являются так называемые кольца Ньютона (рис. 8.9).

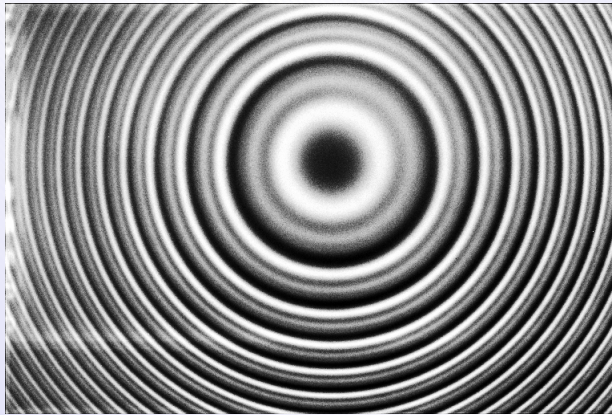


Рисунок 8.9

Результат интерференции двух световых волн (в одной и той же среде) зависит от *оптической разности хода* $\Delta = |n_1 l_1 - n_2 l_2|$. Где l_1 и l_2 – геометрические длины путей, прошедших светом от источников S_1 и S_2 до точки A в средах с показателями преломления n_1 и n_2 соответственно (рис. 8.10).



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 150 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

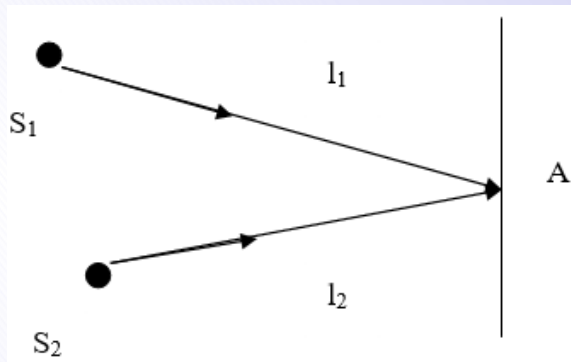


Рисунок 8.10

Если в разности хода лучей укладывается четное число полуволен, т. е. если

$$\Delta l = 2k \frac{\lambda}{2}, \quad (8.8)$$

то в точке A на экране будет максимум света (λ – длина волны, S_1 и S_2 – монохроматические источники света, $k = 0, 1, 2, 3, l \dots$). Если в разности хода лучей укладывается нечетное число полуволен, т. е. если

$$\Delta l = (k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (8.9)$$

то в точке A будет минимум света. Интерференционная картина очень чувствительна к величине разности хода интерферирующих волн. На этом основано *устройство интерферометра* прибора служащего для определения малых длин, углов, показателя преломления среды, длин световых волн.

Дифракцией называется отклонение света от прямолинейного распространения близи препятствия (огибание светом преграды). Так например если между источником света S и экраном A поставить другой экран B с отверстием, на экране A



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 151 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

можно наблюдать дифракционную картину состоящую из чередующихся светлых и темных колец и захватывающих область геометрической тени (особенно заметно, когда размеры отверстия много меньше расстояния между экранами).

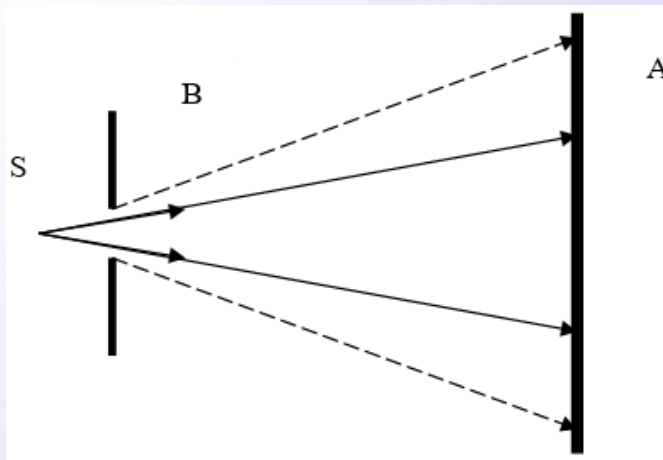


Рисунок 8.11

При использовании белого (немонохроматического света) дифракционная картина приобретает радужную окраску. В лабораторной практике дифракционную картину получают обычно от узких светящихся щелей. Совокупность большого числа параллельных узких прозрачных для света щелей, разделенных непрозрачными промежутками, называют *дифракционной решеткой*. Дифракционные решетки изготавливают путем нанесения тонких штрихов на поверхности стеклянной пластинки (прозрачная решетка) или металлического зеркала (отражательная). Сумму ширины щели a и промежутка b между щелями называют *периодом или постоянной решетки*:

$$d = a + b \quad (8.10)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 152 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Дифракционная решётка

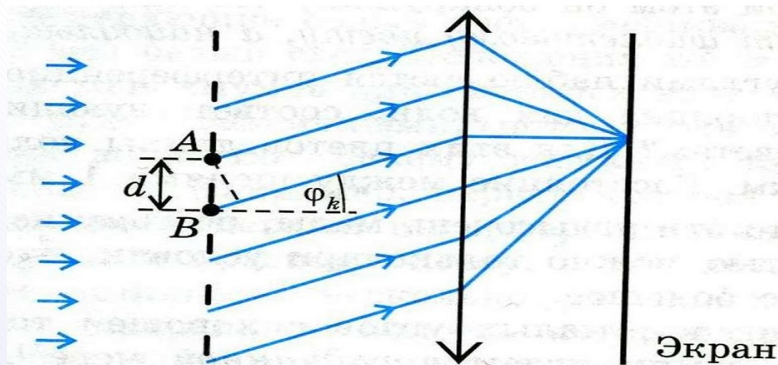


Рисунок 8.12

Условие максимумов – это формула для углов дифракции φ , под которыми наблюдаются дифракционные максимумы:

$$d \sin \varphi = k\lambda, \quad (8.11)$$

где λ – длина световой волны, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ – порядок дифракционного максимума. Справедливо также соотношение

$$d = \frac{L}{N}, \quad (8.12)$$

где N – число штрихов, нанесенных на участок дифракционной решетки длиной L .

Пример решения задачи

На дифракционную решетку перпендикулярно ее плоскости падает свет с длиной волны 500 нм. Сколько штрихов на 1 мм должна иметь решетка, чтобы



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 153 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

пятый главный максимум в дифракционной картине находился под углом 90° по отношению к падающему свету?

Согласно (8.11) и (8.12) $\frac{L}{N} \sin \varphi = k\lambda$. Тогда $N = \frac{L \sin \varphi}{k\lambda} = 400$.

Классическая механика Ньютона базируется на гипотезе абсолютного пространства и времени. В основе механики Ньютона лежит принцип относительности Галилея о неразличимости покоя и прямолинейного равномерного движения: никакими механическими опытами внутри данной инерциальной системы отсчета нельзя установить, покоится ли она или движется с некоторой постоянной скоростью. Иными словами: законы механики одинаковы во всех инерциальных системах отсчета. Система отсчета, относительно которой рассматривается движение данного тела, является инерциальной, если по отношению к ней скорость тела, свободного от внешних воздействий, сохраняется неизменной по величине и направлению. Согласно Ньютоу все физические величины делятся на абсолютные и относительные. К абсолютным величинам относятся пространство, масса тела и его геометрические размеры (размеры и масса тела одинаковы для всех наблюдателей, как бы быстро относительно друг друга они не двигались). Абсолютно также и время. Оно течет одинаково на поверхности Земли, в самолете, на Луне, Солнце и звездах. К относительным величинам относятся: скорость, импульс, кинетическая энергия и др. Например, первый наблюдатель перемещается прямолинейно и равномерно относительно земли в вагоне поезда со скоростью 100 км/ч . Тогда для наблюдателя, находящегося в другом поезде, движущегося прямолинейно и равномерно с такой же скоростью относительно земли, но навстречу первому поезду, скорость первого наблюдателя будет совершенно другой ($100 \text{ км/ч} + 100 \text{ км/ч} = 200 \text{ км/ч}$).

Пусть инерциальная система отсчета K' движется относительно неподвижную системы отсчета K вдоль оси Ox прямолинейно и равномерно со скоростью \vec{u} (рис. 8.13).

Согласно классической механике координаты одной и той же точки пространства и время в этих системах связаны между собой соотношениями:

$$x = x' + ut; y = y'; z = z'; t = t' \quad (8.13)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 154 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

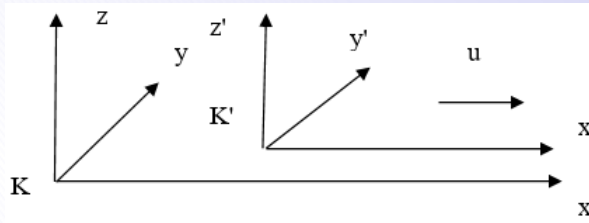


Рисунок 8.13

Соотношения (8.13) называются *преобразованиями координат Галилея*. Из них вытекает классический закон сложения скоростей:

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u} \quad (8.14)$$

Когда была получена система уравнений Максвелла предсказывающая, что свет распространяется в пространстве с конечной скоростью, преобразования Галилея без всякой критики были перенесены на законы распространения света. В результате была обнаружена нестыковка двух областей физики: проверенной временем и практикой механики Ньютона и сравнительно молодой науки электродинамики. В Максвелловой электродинамике скорость распространения электромагнитных волн оказалась не зависящей от скоростей движения как источника этих волн, так и наблюдателя. Уравнения Максвелла оказались инвариантными относительно принципа относительности и преобразований Галилея – что противоречило Ньютонской концепции абсолютного пространства классической механики. Неразрешимый конфликт между классической механикой Ньютона (подразумевающей некую абсолютную систему отсчета) и уравнениями Максвелла (согласно которым скорость света имеет предельное значение, не зависящее от выбора системы отсчета) привел в итоге к появлению теории относительности.

Специальная теория относительности была разработана в конце XIX – начале XX века усилиями Лоренца, Пуанкаре, Лармора и Эйнштейна. В основе специальной



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 155 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

теории относительности лежат два положения, которые называются *постулатами специальной теории относительности*.

1. *В любых инерциальных системах отсчета все физические явления при одинаковых начальных условиях протекают одинаково. Все законы физики, во всех инерциальных системах отсчета должны иметь одинаковый вид.*

Этот постулат является обобщением принципа относительности Галилея на все физические явления.

2. *Во всех инерциальных системах отсчета скорость света c в вакууме одинакова и не зависит от скорости движения, как источника, так и приемника света. Эта скорость является предельной скоростью всех процессов и движений, сопровождаемых переносом энергии.*

В специальной теории относительности преобразования Галилея, описывающие переход от одной инерциальной системы отсчета к другой, заменяются новыми соотношениями – *преобразованиями Лоренца*.

$$x' = \frac{x - ut}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}; y' = y; z' = z; t' = \frac{t - \frac{ux}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (8.15)$$

При малых скоростях ($u \ll c$) преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея.

Рассмотрим некоторые выводы из специальной теории относительности, вытекающие из преобразований Лоренца.

Сокращение длины. Собственная длина тела l_0 , измеренная в системе отсчета K' , в которой оно покоится, больше длины l в любой другой системе отсчета K , относительно которой K' движется со скоростью u

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \quad (8.16)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 156 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Для стороннего наблюдателя длина тела кажется уменьшенной в направлении движения.

Замедление времени. Собственное время t_0 , измеренное часами, неподвижными относительно инерциальной системы отсчета K' , меньше промежутка времени t между теми же событиями, измеренного в инерциальной системе отсчета K , относительно которой K' движется со скоростью u :

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (8.17)$$

Часы, движущиеся относительно инерциальной системы отсчета, идут медленнее неподвижных часов.

Релятивистский (от лат. Relativus – относительный) закон сложения параллельных скоростей

$$v = \frac{v' + u}{1 + \frac{v'u}{c^2}}, \quad (8.18)$$

где v и v' – соответственно скорости тела в системах K и K' , u – относительная скорость этих систем. Из формулы (8.18) следует, что суммарная скорость не равна сумме скоростей, а меньше ее на величину $1 + \frac{v'u}{c^2}$. Возьмем предельный случай. Пусть тело движется в ракете со скоростью $v' = c$, а сама ракета имеет скорость $v = c$. Что обнаружит земной наблюдатель? Согласно выражению (8.18) запишем $v = \frac{c+c}{1+\frac{c \cdot c}{c^2}} = c$. Значит, если тело движется внутри ракеты со скоростью света, с точки зрения стороннего наблюдателя, скорость света не изменится, она по-прежнему будет равна скорости света. Этот вывод выражает второй постулат специальной теории относительности. В случае, когда $u \ll c$, мы приходим к классическому закону сложения скоростей.

Основные уравнения механики Ньютона соответственным образом изменяются в релятивистской механике (раздел механики, изучающий законы движения тел со скоростями, близкими к скорости света).



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 157 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Одним из основных законов классической механики является закон сохранения импульса. Рассматривая взаимодействия тел и используя преобразования Лоренца, можно показать, что величина $m\vartheta$ не сохраняется, а сохраняются величины вида $\frac{m_0\vartheta}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}}$, где m_0 – масса покоя, т. е. масса при $\vartheta = 0$. В соответствии с этим масса зависит от скорости (системы отсчета) и определяется по формуле

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}}}, \quad (8.19)$$

т. е. масса не является абсолютной величиной. Из формулы (8.19) следует, что объект обладающий массой покоя не может иметь скорость равную скорости света. Если подставить в (8.19) $\vartheta \rightarrow c$ то $m \rightarrow \infty$.

Второй закон Ньютона в релятивистской механике имеет такую же форму, как и в классической механике

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F} \quad (8.20)$$

Но выражение импульса в соответствии с (8.19) имеет более сложный вид

$$p = m\vartheta = \frac{m_0\vartheta}{\sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}}} \quad (8.21)$$

Энергия движущегося тела растет в релятивистской механике со скоростью быстрее, чем в классической механике. Однако возрастание энергии, так же как и в классической механике, вызывается работой силы. Можно получить, что наименьшая энергия системы – энергия покоя определяется выражением

$$E_0 = m_0c^2 \quad (8.22)$$

Полная энергия движущегося тела равна

$$E = mc^2 \quad (8.23)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 158 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Уравнение (8.23) выражает один из важнейших законов природы – закон взаимосвязи массы и энергии: полная энергия системы равна произведению ее полной релятивистской массы на квадрат скорости тела в вакууме.

Кинетическая энергия тела определяется выражением

$$E_k = E - E_0 \quad (8.24)$$

Из (8.24) следует, что увеличение энергии тела на ΔE связано с увеличением его массы на Δm , причем

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} \quad (8.25)$$

Формула (8.25) выражает возможность взаимного превращения вещества в энергию и наоборот и является основой ядерной энергетики. Из нее следует, что масса является не только мерой инертных и гравитационных свойств, но и мерой энергии.

Основной вывод теории относительности: пространство и время тесно связаны и образуют единую форму существования материи – пространство-время.

Пример решения задачи

Какую скорость должно приобрести тело, чтобы его продольные размеры уменьшились для наблюдателя в три раза? До этого тело покоилось относительно данного наблюдателя.

По условию $\frac{l}{l_0} = \frac{1}{3}$. Из формулы (8.16) $\frac{l}{l_0} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, следовательно,

$$\left(\frac{l}{l_0}\right)^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2} \text{ и } v = c\sqrt{1 - \left(\frac{l}{l_0}\right)^2} = 0,94 c.$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 159 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Пример решения задачи

Солнце ежесекундно излучает в пространство $3,75 \cdot 10^{26}$ Дж энергии. Насколько ежесекундно уменьшается масса Солнца вследствие излучения? На сколько лет «хватит» Солнца при таком расходе массы, если его масса $1,99 \cdot 10^{30}$ кг?

Из формулы (8.25) $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = 4,17 \cdot 10^9$ кг.

$$t = \frac{M}{\Delta m} = 4,77 \cdot 10^{20} \text{ с} = 1,51 \cdot 10^{13} \text{ лет.}$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 160 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Лекция 9. Элементы квантовой оптики, физики атома и атомного ядра

Энергия, импульс и масса фотона. Давление света. Фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Ядерная модель атома. Квантовые постулаты Бора. Излучение и поглощение энергии атомом. Квантово-механическая модель атома водорода. Протонно-нейтронная модель ядра. Энергия связи. Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции. Энергетический выход ядерных реакций.

Литература: [1, с. 389–410], [2, с. 273–280, 328, 334]

В конце XIX столетия стало очевидным, что классическая теория не способна пояснить спектральное распределение теплового излучения. В 1900 г. немецкий физик Макс Планк нашел выход из тупика. Для этого ему пришлось отказаться от классических представлений об электромагнитном излучении как о непрерывной электромагнитной волне. Планк выдвинул гипотезу, что электромагнитная энергия испускается и поглощается не непрерывно, а отдельными порциями – *квантами* (от немецкого слова *quantum* – количество). Энергия кванта равна

$$\varepsilon = h\nu = h\frac{c}{\lambda}, \quad (9.1)$$

где c – скорость света в вакууме, $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – *постоянная Планка*, ν – частота, λ – длина волны. Используя эту гипотезу, Планк получил формулу, которая устранила все противоречия между теорией и практикой.

Кванты электромагнитного излучения различной частоты обладают различными энергиями. Квант электромагнитного излучения, относящийся к оптическому диапазону спектра, называю *фотоном*. Согласно закону пропорциональности массы и энергии $\varepsilon = mc^2$ и гипотезе Планка легко получить выражение для массы фотона

$$m_{\text{ф}} = \frac{h\nu}{c^2} \quad (9.2)$$



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 161 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Масса покоя фотона равна нулю. Квант электромагнитного излучения существует только в движении, распространяясь со скоростью света. У него нет электрического заряда. Если фотон, каким – либо образом остановить он исчезает (поглощаются атомами).

Импульс фотона определяется выражением

$$p = m_{\phi}c = \frac{h\nu}{c} \quad (9.3)$$

Наличие у фотонов импульса подтверждается существованием светового давления. Данное физическое явление основано на передаче фотонами своего импульса освещаемой поверхности. Свет как любое электромагнитное излучение обладает *корпускулярно-волновым дуализмом*: в различных явлениях он проявляется как волновые (например, дифракция света) так и корпускулярные (вышеупомянутое давление) свойства.

Пример решения задачи

Сколько фотонов попадает за 1 с в глаз человека, если глаз воспринимает свет с длиной волны 0,55 мкм при мощности светового потока $1,8 \cdot 10^{-16}$ Вт.

Энергия одного фотона (9.1) равна $\varepsilon = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$. Энергия излучения $E = P \cdot t$, где P – мощность светового потока, t – время. Тогда, число фотонов, попадающих в глаз за время t , равно отношению энергии излучения к энергии одного фотона $N = \frac{E}{\varepsilon} = \frac{Pt\lambda}{hc} = 500$.

Квантовая теория позволила объяснить экспериментальные закономерности фотоэффекта, на основе которого работают фотоэлементы, фоторезисторы и солнечные батареи. *Внешним фотоэффектом* называется испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения. Схема экспериментального при-



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 162 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

бора, с помощью которого изучали фотоэлектрический эффект (фотоэффект), изображена на [рис. 9.1](#).

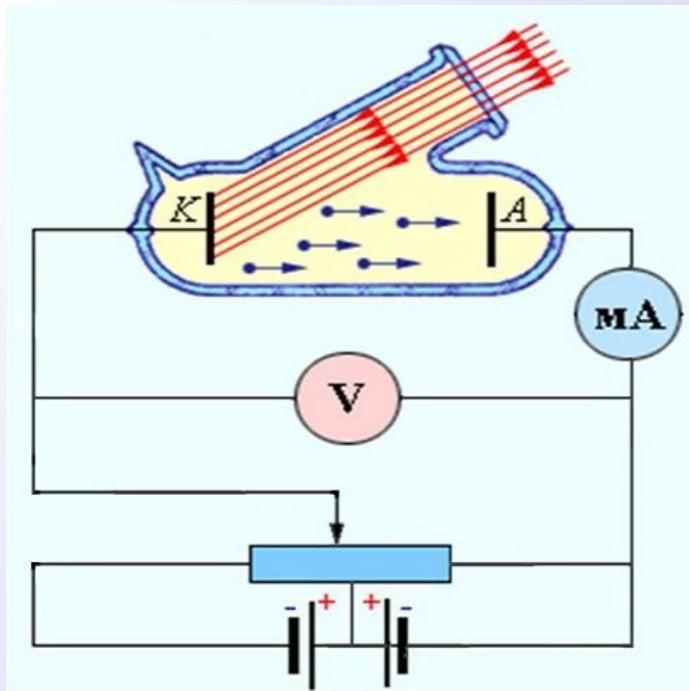


Рисунок 9.1

Стекло́нный или кварцевый баллон содержит два металлических электрода, один из которых (катод) соединен с отрицательным полюсом источника тока, а другой (анод) с положительным. Когда баллон находится в темноте, ток в электрической цепи, который фиксируется амперметром, равен нулю. При освещении катода из него вырываются электроны, которые движутся к аноду – в цепи возникает электрический ток (*фототок*).



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 163 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Закон сохранения энергии для процесса взаимодействия фотона с электроном во время фотоэффекта описывается *уравнением Эйнштейна*:

$$h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}, \quad (9.4)$$

где A – работа выхода электрона из вещества, $\frac{m\nu^2}{2}$ – максимальная кинетическая энергия электрона. Работа выхода A зависит от природы вещества и состояния его поверхности. Минимальная энергия фотона, достаточная для получения фотоэффекта, равна:

$$h\nu_{\text{кр}} = A \quad (9.5)$$

Поскольку в видимом диапазоне минимальной частоте волны соответствует красный цвет, эта частота получила название *красной границы*.

При некотором отрицательном значении напряжения U_3 затормаживаются и, не достигнув поверхности анода, возвращаются на катод. Это напряжение, при котором сила тока в цепи равна нулю, называют *задерживающим напряжением*. При этом кинетическая энергия электронов затрачивается на работу против сил электрического поля. Согласно (4.14) и (6.12)

$$\frac{m\nu^2}{2} = eU_3 \quad (9.6)$$

Пример решения задачи

При увеличении частоты падающего на металл света в два раза задерживающее напряжение для фотоэлектронов увеличивается в три раза. Частота первоначально падающего света $1,1 \cdot 10^{15}$ Гц. Определите длину волны (в нм) соответствующую красной границе для этого металла.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 164 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Согласно формуле (9.5) работа выхода $A = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$. Воспользовавшись (9.4) и (9.6) запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом и втором случаях $h\nu = A + eU_3$ и $h(2\nu) = A + e(3U_3)$ и выразим из этих уравнений работу выхода $A = \frac{h\nu}{2}$. Тогда длина волны для красной границы фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{A} = \frac{2c}{\nu} = 500$ нм.

Опираясь на классические представления о движении микрочастиц, Резерфорд предложил планетарную модель атома. Согласно этой модели, в центре атома располагается положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома. Атом в целом нейтрален. Вокруг ядра, подобно планетам, под действием кулоновских сил со стороны ядра вращаются электроны.

Однако резерфордовская модель атома не укладывалась в рамки законов физики. Согласно законам классической электродинамики, электрон, вращаясь вокруг ядра (т. е. двигаясь с ускорением), должен непрерывно излучать электромагнитные волны. Частота этих волн равна частоте вращения электрона. Так как это излучение сопровождается непрерывной потерей энергии, то электрон должен постепенно приближаться к ядру и упасть на него. Опыт же показывал, что атомы являются очень устойчивыми образованиями. Кроме того, с точки зрения классической физики, по мере приближения электрона к ядру частота вращения электрона, а, следовательно, и частота электромагнитного излучения должны изменяться непрерывно. Поэтому атом должен давать сплошной спектр излучения. Тщательные же исследования спектров излучения различных разряженных газов (т. е. спектров излучения атомов) показали, что каждому газу присущ вполне определенный линейчатый спектр. Более того, обнаружилось, что спектральные линии можно распределить по группам (сериям), линии в которых связаны между собой определенной закономерностью.

Первая попытка построить качественно новую квантовую теорию атома была предпринята датским физиком Бором. Он поставил перед собой цель связать в единое целое эмпирические закономерности линейчатых спектров, ядерную модель атома Резерфорда и квантовый характер излучения и поглощения света. В основу своей теории Бор положил два постулата.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 165 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Первый постулат Бора (постулат стационарных состояний): в атоме существуют стационарные (не изменяющиеся со временем) состояния, в которых он не излучает энергии. Стационарным состояниям атома соответствуют стационарные орбиты, по которым движутся электроны. Движение электронов по стационарным орбитам не сопровождается излучением электромагнитных волн. При этом выполняется условие

$$m\vartheta_n r_n = n \frac{h}{2\pi}, \quad (9.7)$$

где m – масса электрона, ϑ_n – его скорость на n -ой орбите, r_n – радиус n -ой орбиты, n – целое число (1, 2, 3, и т. д.), называемое *главным квантовым числом*, h – постоянная Планка.

Второй постулат Бора (правило частот): при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую излучается (поглощается) один фотон с энергией

$$h\nu = E_n - E_m \quad (9.8)$$

равной разности энергий соответствующих стационарных состояний (E_n и E_m – соответственно энергии стационарных состояний атома до и после излучения (поглощения)). При $E_m < E_n$ происходит излучение фотона – переход атома из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией, переход электрона с более удаленной от ядра орбиты на более близлежащую. При $E_m > E_n$ – его поглощение – переход атома в состояние с большей энергией, т. е. переход электрона на более удаленную от ядра орбиту (**рисунок 9.2**).

Набор возможных дискретных частот $\nu = (E_n - E_m) / h$ квантовых переходов и определяет линейчатый спектр атома.

Энергетические уровни E_1, E_2, \dots, E_n (см. **рис. 9.2**) измеряют в электронвольтах. Минимальная энергия атома водорода в *основном* энергетическом состоянии ($n = 1$) $E_1 = -13,6$ эВ и увеличивается с ростом n . В общем случае

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad (9.9)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 166 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

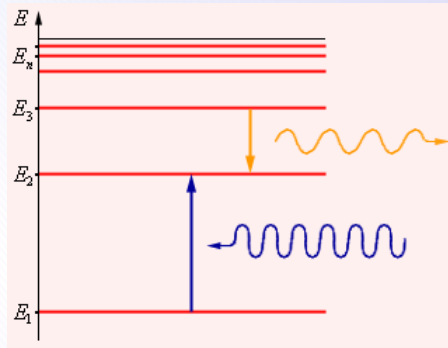


Рисунок 9.2

Пример решения задачи

При переходе атома водорода из состояния с $n = 6$ в состояние с $n = 2$ излучается видимый свет. Во сколько раз длина волны этого света больше, чем длина волны ультрафиолетового излучения, при поглощении которого атом водорода переходит из основного состояния в состояние с $n = 3$?

Воспользовавшись формулами (9.8), (9.7) и (7.11) легко получить два уравнения $\frac{E_1}{6^2} - \frac{E_1}{2^2} = \frac{hc}{\lambda_1}$ и $\frac{E_1}{3^2} - \frac{E_1}{1^2} = \frac{hc}{\lambda_2}$. Разделив эти уравнения одно на другое получим $\lambda_1 = 4\lambda_2$.

Квантовая теория Бора сыграла важную роль в развитии физики. Она количественно объяснила строение атома водорода и сложную структуру водородного спектра, наметила правильный подход к изучению внутриатомных процессов. Правда, непосредственное использование теории Бора для расчета спектров многоэлектронных атомов оказалось невозможным. Понадобилось дальнейшее развитие этой теории, завершившееся созданием современной квантовой механики. Ядро представляет собой центральную часть атома. В нем сосредоточены положительный электрический заряд и основная часть массы атома; по сравнению с радиусом электронных



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 167 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

орбит размеры ядра чрезвычайно малы: $10^{-15} - 10^{-14}$ м. Ядра всех атомов состоят из нуклонов – положительно заряженных протонов и нейтральных нейтронов, имеющих почти одинаковую массу. Нуклоны, удерживаются вместе очень большими силами; по своей природе эти силы не могут быть ни электрическими, ни гравитационными, а по величине они на много порядков превышают силы, связывающие электроны с ядром. Они получили название ядерные силы.

Количество протонов в ядре называется его зарядовым числом Z – это число равно порядковому номеру элемента, к которому относится атом в таблице Менделеева. Количество протонов в ядре полностью определяет структуру электронной оболочки нейтрального атома и, таким образом, химические свойства соответствующего элемента.

Количество нейтронов в ядре N называется его изотопическим числом. Ядра с одинаковым числом протонов и разным числом нейтронов называются изотопами. Ядра с одинаковым числом нейтронов, но разным числом протонов – называются изотонами. Термины изотоп и изотон используются также применительно к атомам, содержащим указанные ядра, а также для характеристики нехимических разновидностей одного химического элемента. Полное количество нуклонов в ядре называется его массовым числом A и приблизительно равно средней массе атома, указанной в таблице Менделеева. Очевидно, что

$$A = N + Z \quad (9.10)$$

Нуклиды с одинаковым массовым числом, но разным протон-нейтронным составом принято называть изобарами. Атом или ядро атома химического элемента обозначается A_ZX . В ядерной физике массу ядер принято измерять в *атомных единицах массы* (а.е.м.), за одну а.е.м. принимают $1/12$ часть массы нуклида ${}^{12}_6C$. $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Кроме того, в ядерной физике часто используется энергетический эквивалент массы. Согласно соотношению Эйнштейна, каждому значению массы соответствует полная энергия $E = mc^2$. Соотношение между а.е.м. и её энер-



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 168 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

гетическим эквивалентом в электронвольтах: $1 \text{ а.е.м.} = 931,5 \text{ МэВ}$.

Экспериментально было обнаружено, что для всех стабильных ядер масса ядра меньше суммы масс составляющих его нуклонов, взятых по отдельности. Эта разница называется дефектом массы или избытком массы и определяется соотношением:

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}}, \quad (9.11)$$

где m_p – масса протона, m_n – масса нейтрона, $m_{\text{я}}$ – масса ядра.

Дефект массы показывает, что для полного расщепления ядра на составляющие его нуклоны необходимо затратить соответствующую энергию

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2 = (Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}})c^2 \quad (9.12)$$

Величина $E_{\text{св}}$ называется энергией связи нуклонов и является непосредственной мерой устойчивости ядра изотопа. Если массы всех частиц выразить в атомных единицах массы, а энергию в мегаэлектронвольтах, то

$$E_{\text{св}} = (Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}}) \cdot 931,5 \text{ МэВ} \quad (9.13)$$

Радиоактивность (от лат. *radio-* «излучаю», *radius* – «луч» и *activus* – «действенный») – свойство атомных ядер самопроизвольно (спонтанно) изменять свой состав (заряд Z , массовое число A) путём испускания элементарных частиц и излучений. Соответствующее явление называется радиоактивным распадом.

Установлено, что радиоактивны все химические элементы с порядковым номером, большим 82 (то есть, начиная с висмута), и многие более лёгкие элементы (протетий и технеций не имеют стабильных изотопов, а у некоторых элементов, таких как индий, калий или кальций, часть природных изотопов стабильны, другие же радиоактивны).

Естественная радиоактивность – самопроизвольный распад ядер элементов, встречающихся в природе.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание

◀ ▶

Страница 169 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Искусственная радиоактивность – самопроизвольный распад ядер элементов, полученных искусственным путем через соответствующие ядерные реакции.

Принципиальной разницы между естественной и искусственной радиоактивностью нет, так как свойства изотопа не зависят от способа его образования. Излучение радиоактивных ядер неоднородно по составу. Оно состоит из трех компонентов – α -, β - и γ -лучей.

Альфа-распадом называют самопроизвольный распад атомного ядра на дочернее ядро и α -частицу (*ядро атома* ${}^4_2\text{He}$). α -распад, как правило, происходит в тяжёлых ядрах с массовым числом $A \geq 140$ (хотя есть несколько исключений). Внутри тяжёлых ядер за счёт свойства насыщения ядерных сил образуются обособленные α -частицы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов. Символически α -распад записывается следующим образом



Бета-распад – самопроизвольный распад атомного ядра сопровождающийся испусканием β -частицы (*быстрого электрона* ${}^0_{-1}e$). Символически β -распад записывается следующим образом



Гамма-излучение или поток γ -квантов (${}^0_0\gamma$) – это электромагнитное излучение очень высокой частоты. Обычно гамма-излучение сопровождает α - и β -распад ядер. В результате изменяется энергетическое состояние ядра. Испускание гамма-излучения не приводит к превращению элемента.

Как видно из (9.14) и (9.15) в процессе радиоактивного распада суммарно массовое число сохраняется (следствие закона сохранения энергии) и суммарно зарядное число сохраняется (закон сохранения заряда).

Скорость процесса распада характеризуется *периодом полураспада* ($T_{1/2}$) – промежуток времени, за который распадается половина первоначального количества



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 170 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

радиоактивных ядер. Число нераспавшихся ядер с течением времени убывает согласно *закону радиоактивного распада*:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}, \quad (9.16)$$

где N_0 – первоначальное количество радиоактивных ядер, N – число ядер, не распавшихся к моменту времени t .

Ядерная реакция – это процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, сопровождающийся изменением состава и структуры ядра и выделением вторичных частиц или γ -квантов. *Символическая запись ядерной реакции*:



где A – исходное ядро, a – бомбардирующая частица, B – конечное ядро, b – испускаемая частица.

В результате ядерных реакций могут образовываться новые радиоактивные изотопы, которых нет на Земле в естественных условиях. Первая ядерная реакция была осуществлена Э. Резерфордом в 1919 году в опытах по обнаружению протонов. Резерфорд бомбардировал атомы азота α -частицами



где ${}^1_1\text{p}$ – протон.

Реакция, в результате которой был открыт нейтрон, имеет вид:



где ${}^1_0\text{n}$ – нейтрон.

Ядерные реакции сопровождаются энергетическими превращениями. Энергетическим выходом ядерной реакции называется величина

$$Q = ((m_a + m_b) - (m_c + m_d)) c^2 = \Delta mc^2, \quad (9.20)$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 171 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

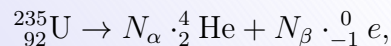
где m_a и m_b – массы исходных продуктов, m_c и m_d – массы конечных продуктов реакции, Δm – дефект масс. Ядерные реакции могут протекать с выделением ($Q > 0$) или с поглощением энергии ($Q < 0$). Для того чтобы ядерная реакция имела положительный энергетический выход, удельная энергия связи нуклонов в ядрах исходных продуктов должна быть больше удельной энергии связи нуклонов в ядрах конечных продуктов. Это означает, что величина Δm должна быть положительной. Возможны два принципиально различных способа освобождения ядерной энергии.

1. *Деление тяжелых ядер.* В отличие от радиоактивного распада ядер, сопровождающегося испусканием α - или β -частиц, реакции деления – это процесс, при котором нестабильное ядро делится на два крупных фрагмента сравнимых масс. В 1939 году немецкими учеными О. Ганом и Ф. Штрассманом было открыто деление ядер урана. 2. *Термоядерные реакции.* Вторым путем освобождения ядерной энергии связан с реакциями синтеза. При слиянии легких ядер и образовании нового ядра выделяется большое количество энергии. Реакции слияния легких ядер носят название термоядерных реакций, так как они могут протекать только при очень высоких температурах порядка $10^8 - 10^9$ К.

Пример решения задачи

В цепочке радиоактивных превращений ${}^{235}_{92}\text{U}$ в ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ содержится несколько альфа- и бета-распадов. Сколько всего распадов в этой цепочке.

Данную цепочку радиоактивных превращений можно записать в виде



где N_{α} – число α -распадов, N_{β} – число β -распадов. Так как массовое число и зарядное число сохраняются можно получить два уравнения:

$$235 = 4N_{\alpha} + 0N_{\beta} + 207 \text{ и } 92 = 2N_{\alpha} - N_{\beta} + 82$$



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 172 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Из этих уравнений находим $N_\alpha = 7$ и $N_\beta = 4$. Суммарное число распадов равно 11.

Пример решения задачи

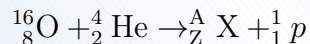
За время 100 с распадается половина ядер радиоактивного вещества. Через какое время распадается $3/4$ ядер данного вещества?

Согласно (9.16) $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$. По условию задачи $T_{1/2} = 100$ с и $N = \frac{1}{4}N_0$. Подставляя эти значения в закон радиоактивного распада (9.16) получим $2^{-2} = 2^{-\frac{t}{100}}$. Следовательно, $t = 200$ с.

Пример решения задачи

В ядро атома кислорода $^{16}_8\text{O}$ попадает α -частица. При этом испускается один протон и образуется ядро некоего элемента. Каков порядковый номер этого элемента в таблице Менделеева?

Запишем уравнение указанной реакции



Из закона сохранения заряда для этой реакции получим $8+2 = Z+1$, или $Z = 9$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 173 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Практическое занятие 1. Механическое движение. Материальная точка. Система отсчета. Путь и перемещение. Относительность движения. Классический закон сложения скоростей

1. Укажите правильный перевод: $5,8 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 =$
1) $5,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; 2) $5,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$; 3) $5,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$; 4) $5,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$.
2. Укажите правильный перевод: $13,6 \text{ мм}^2 =$
1) $1,36 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; 2) $1,36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; 3) $1,36 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; 4) $1,36 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.
3. Укажите правильный перевод: $0,12 \cdot 10^{-3} \text{ км}^3 =$
1) $1,2 \cdot 10^3 \text{ м}^3$; 2) $1,2 \cdot 10^4 \text{ м}^3$; 3) $1,2 \cdot 10^5 \text{ м}^3$; 4) $1,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.
4. Укажите правильный перевод: $0,5 \text{ мкм} =$
1) $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; 2) $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$; 3) $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$; 4) $5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.
5. Укажите правильный перевод: $500 \text{ мкм} =$
1) $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; 2) $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; 3) $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$; 4) $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.
6. Расположите в порядке возрастания:
1) 453 см^2 ; 2) 46 дм^2 ; 3) $0,216 \text{ м}^2$; 4) 4314 мм^2 .
1) 1, 2, 3, 4; 2) 4, 2, 1, 3; 3) 3, 4, 2, 1; 4) 4, 1, 3, 2.
7. Расположите в порядке возрастания:
1) $613 \cdot 10^9 \text{ мм}$; 2) $0,41 \text{ Мм}$; 3) $0,216 \cdot 10^{12} \text{ мкм}$; 4) $0,001 \text{ Гм}$.
1) 1, 2, 3, 4; 2) 4, 2, 1, 3; 3) 3, 1, 2, 4; 4) 3, 2, 4, 1.
8. Найдите радиус окружности длиной $12,56 \text{ мм}$.
1) $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; 2) $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; 3) $2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; 4) $2 \cdot 10^{-1} \text{ м}$.
9. Найдите радиус круга площадью $28,26 \text{ см}^2$.
1) 3 м ; 2) $3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; 3) 1 м ; 4) $1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.
10. Найдите диаметр шара объемом $33,5 \text{ см}^3$.
1) $1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; 2) $4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; 3) $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; 4) $1,33 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 174 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

11. Найдите радиус сферы с площадью поверхности $50,24 \text{ см}^2$.

1) 0,2 мм; 2) 2 мм; 3) 2 см; 4) 2 дм.

12. Найдите радиус основания цилиндра объемом $1962,5 \text{ см}^3$ и высотой 25 см.

1) 5 мм; 2) 5 см; 3) 5 дм; 4) 5 м.

13. Укажите правильный перевод: $720 \text{ км/ч} =$

1) $0,720 \text{ м/с}$; 2) 720000 м/с ; 3) 20 м/с ; 4) 200 м/с .

14. Укажите правильный перевод: $120 \text{ м/мин} =$

1) 2 м/с ; 2) 20 м/с ; 3) $0,3 \text{ м/с}$; 4) $0,03 \text{ м/с}$.

15. В металлической отливке объемом 30 см^3 имеется полость 10 см^3 . Найдите плотность металла в СИ, если масса отливки равна 0,1 кг.

1) 4000; 2) 4300; 3) 4700; 4) 5000.

16. После удара о борт шайба отскочила от него по той же прямой на расстояние 3 м. Каково перемещение шайбы, если до удара она находилась на расстоянии 2 м от стенки?

1) 5,0 м; 2) 1,0 м; 3) 4,0 м; 4) 3,0 м.

17. Огибая остров, корабль проплыл 10 км на север, 15 км на северо-восток и 8 км на восток. Найдите путь, который прошел корабль и перемещение.

1) 28 км; 2) 33 км; 3) 25 км; 4) 33 км; 20 км.

18. Автомобиль, двигаясь прямолинейно, проехал путь 10 м, затем сделал поворот, описав четверть окружности радиусом 10 м, и проехал далее по перпендикулярной улице еще 10 м. Определите пройденный им путь и модуль перемещения.

1) 35,7 м; 15,6 м; 2) 33,4 м; 21,2 м; 3) 33,4 м; 15,6 м; 4) 35,7 м; 28,2 м.

19. Автомобиль проехал 40 км за 0,5 ч, а потом еще 260 км за 4,5 ч. Какова средняя скорость автомобиля на всем пути в км/ч?

1) 54; 2) 60; 3) 72; 4) 90.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 175 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

20. Половину пути тело двигалось со скоростью 12 м/с, а оставшийся путь со скоростью 8 м/с. Определить среднюю скорость тела.

1) 9,0 м/с; 2) 9,3 м/с; 3) 9,6 м/с; 4) 10,4 м/с.

21. Катер прошел первую половину пути со средней скоростью в три раза большей, чем вторую. Средняя скорость на всем пути составляет 6 км/ч. Какова средняя скорость (в км/ч) катера на первой половине пути?

1) 8; 2) 10; 3) 12; 4) 14.

22. Пятую часть всего пути автомобиль двигался со скоростью 54 км/ч, затем расстояние, равное третьей части всего пути, со скоростью 10 м/с, а оставшийся отрезок пути со скоростью 12 м/с. Средняя скорость движения автомобиля равна:

1) 14 м/с; 2) 13,3 м/с; 3) 12,5 м/с; 4) 11,7 м/с.

23. Расстояние между пунктами *A* и *B* равно 80 км. Из пункта *A* в направлении *B* выезжает автомобиль со скоростью 50 км/ч. Одновременно из пункта *B* в том же направлении выезжает мотоцикл со скоростью 30 км/ч. На каком расстоянии от пункта *A* автомобиль нагонит мотоцикл?

1) 200 км; 2) 140 км; 3) 40 км; 4) 400 км.

24. Моторная лодка проходит расстояние между пунктами *A* и *B*, расположенными на берегу реки, за 3 ч, а плот – за 12 ч. Сколько времени затратит моторная лодка на обратный путь?

1) 9 ч; 2) 6 ч; 3) 10 ч; 4) 4 ч.

25. Два поезда идут навстречу друг другу по двум параллельным путям со скоростью 36 и 54 км/ч. Длины поездов 125 и 150 м. Время, в течение которого поезда проходят мимо друг друга, равно:

1) 5 с; 2) 6 с; 3) 11 с; 4) 55 с.

26. Через реку переправляется лодка, выдерживая курс перпендикулярно к течению реки. Скорость лодки относительно воды 1,4 м/с, скорость течения 0,7 м/с,



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 176 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

ширина реки 308 м. Через какое время лодка достигнет другого берега? На какое расстояние вдоль берега отнесет ее течением?

- 1) 254 с, 178 м; 2) 220 с, 154 м; 3) 197 с, 138 м; 4) 220 с, 308 м.

27. Пловец переплывает реку шириной 40 м, выдерживая направление, строго перпендикулярное к течению. Несмотря на это, его сносит на 100 м ниже по течению. С какой скоростью он плыл относительно берега? Скорость течения 4,0 м/с.

- 1) 4,3 м/с; 2) 4,0 м/с; 3) 5,0 м/с; 4) 5,5 м/с.

28. При скорости ветра 20 м/с скорость капель дождя 40 м/с. Какой будет скорость капель при скорости ветра 5 м/с?

- 1) 20; 2) 25; 3) 30; 4) 35;

Задачи для самостоятельного решения

1. Укажите правильный перевод: $15,4 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2 =$

- 1) $1,54 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$; 2) $1,54 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$; 3) $1,54 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$; 4) $1,54 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

2. Укажите правильный перевод: $0,5 \cdot 10^3 \text{ л} =$

- 1) 5 м^3 ; 2) $5 \cdot 10^{-1} \text{ м}^3$; 3) $5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$; 4) $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

3. Укажите правильный перевод: $0,023 \text{ Гм} =$

- 1) $2,3 \cdot 10^6 \text{ м}$; 2) $2,3 \cdot 10^7 \text{ м}$; 3) $2,3 \cdot 10^8 \text{ м}$; 4) $2,3 \cdot 10^9 \text{ м}$.

4. Укажите правильный перевод: $41,6 \text{ Гм} =$

- 1) $4,16 \cdot 10^7 \text{ м}$; 2) $4,16 \cdot 10^8 \text{ м}$; 3) $4,16 \cdot 10^9 \text{ м}$; 4) $4,16 \cdot 10^{10} \text{ м}$.

5. Расположите в порядке возрастания:

- 1) 0,954 см; 2) 0,09 дм; 3) 0,006 м; 4) 90 мм.

- 1) 1, 2, 3, 4; 2) 3, 2, 1, 4; 3) 3, 4, 2, 1; 4) 2, 1, 3, 4.

6. Расположите в порядке возрастания:

- 1) $2,3 \cdot 10^3 \text{ см}^3$; 2) 10,41 л; 3) $0,216 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$; 4) $11 \cdot 10^6 \text{ мм}^3$.

- 1) 1, 2, 3, 4; 2) 4, 2, 1, 3; 3) 3, 1, 2, 4; 4) 2, 1, 3, 4.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 177 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

7. Расположите в порядке возрастания:

1) $500 \cdot 10^5$ мкм; 2) 0,005 км; 3) $0,500 \cdot 10^9$ мкм; 4) $0,05 \cdot 10^{10}$ нм.

1) 1, 2, 3, 4; 2) 4, 2, 1, 3; 3) 3, 1, 2, 4; 4) 3, 2, 4, 1.

8. Найдите сторону куба объемом 64 см^3 .

1) 2 см; 2) 4 см; 3) 8 см; 4) 16 см.

9. Укажите правильный перевод: $25 \text{ м/с} =$

1) 90 км/ч; 2) 180 км/ч; 3) 25000 км/ч; 4) 0,0025 км/ч.

10. 0,45 кг масла занимает объем 0,5 литра. Найти плотность масла.

1) 800; 2) 850; 3) 900; 4) 950.

11. Мяч с высоты 1 м был подброшен вертикально вверх еще на 3 м и упал на землю. Путь и перемещение мяча составляют:

1) 4 м; 7 м; 2) 4 м; 1 м; 3) 5 м; 3 м; 4) 7 м; 1 м.

12. Человек прошел по проспекту 240 м, затем повернул на перекрестке и прошел в перпендикулярном направлении еще 70 м. Насколько процентов путь, пройденный человеком, больше модуля его перемещения?

1) 20%; 2) 22%; 3) 24%; 4) 26%.

13. Тело переместилось из точки с координатами (0;3) в точку с координатами (3; -1). Найдите модуль перемещения тела.

1) 4; 2) 5; 3) 6; 4) 7.

14. Автобус первые 4 км пути проехал за 12 минут, а следующие 12 км – за 18 минут. Определите среднюю скорость автобуса (в км/ч) на всем пути.

1) 24; 2) 32; 3) 40; 4) 48.

15. Половину времени тело двигалось со скоростью 12 м/с, а оставшееся время со скоростью 8 м/с. Определить среднюю скорость тела.

1) 9,0 м/с; 2) 10 м/с; 3) 9,6 м/с; 4) 10,4 м/с.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 178 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

16. Скорость поезда на подъеме 30 км/ч, а на спуске – 90 км/ч. Определите среднюю скорость поезда в км/ч на всем участке пути, если спуск в два раза длиннее подъема.

1) 38; 2) 46; 3) 54; 4) 62.

17. Тело прошло 30 м за 2 с по прямой, а затем повернуло на 120° к прежнему направлению движения, и прошло ещё 30 м за 3 с по прямой. Определить разность между средней путевой скоростью и модулем скорости перемещения.

1) 4; 2) 5; 3) 6; 4) 7.

18. Скорость моторной лодки по течению реки равна 18 км/ч, против течения равна 4 м/с. Скорость течения реки равна:

1) 11 м/с; 2) 7 м/с; 3) 0,5 м/с; 4) 1 м/с.

19. Эскалатор метро спускает идущего по нему вниз человека за 1,5 мин. Если человек будет идти вдвое быстрее, то он спустится за 60 с. Человек, стоящий на эскалаторе, спускается за время:

1) 200 с; 2) 180 с; 3) 120 с; 4) 150 с.

20. Автоколонна длиной 600 м движется со скоростью 10 м/с. Мотоциклист выехал из конца колонны по направлению к ее началу со скоростью 20 м/с. Достигнув головной машины, мотоциклист повернул обратно к концу автоколонны. За какое время он вернется обратно?

1) 50 с; 2) 90 с; 3) 80 с; 4) 120 с.

21. Катер пересекает реку. Скорость течения 1 м/с. Скорость катера относительно воды 2 м/с. Под каким углом к берегу он должен плыть, чтобы передвигаться по кратчайшему пути?

1) 45° ; 2) 30° ; 3) 60° ; 4) мало данных для решения задачи.

22. Дождевые капли, падающие отвесно, попадают на боковое стекло автомобиля, движущегося со скоростью 45 км/ч, и оставляют на нем след под углом 30° к вертикали. Определите скорость падения капель.

1) 18,6 м/с; 2) 25,6 м/с; 3) 23,6 м/с; 4) 21,6 м/с.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 179 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

23. Когда автобус стоит на остановке, капли дождя оставляют на боковом стекле вертикальные следы, а когда он едет со скоростью 72 км/ч, следы капель наклонены к вертикали под углом 30° . С какой скоростью падают капли дождя?

- 1) 22; 2) 26; 3) 30; 4) 34.

Практическое занятие 2. Прямолинейное равномерное и равноускоренное движение. Движение по окружности

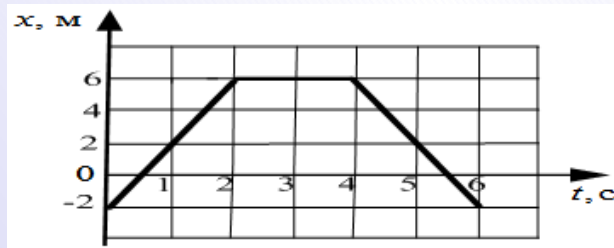
1. Кинематический закон движения материальной точки вдоль оси Ox имеет вид $x = A + Bt$, где $A = -4$ м, $B = 6$ м/с. Определите координату точки, через промежуток времени 8 с после начала отсчета времени.

- 1) 28; 2) 14; 3) -6; 4) 44.

2. По оси Ox движутся две точки, координаты которых меняются по законам $x_1 = 10 + 2t$ и $x_2 = 4 - 5t$. Точки встретятся в момент времени:

- 1) 4 с; 2) 2 с; 3) 6 с; 4) точки вообще не встретятся.

3. На рисунке представлена зависимость координаты x тела от времени t его движения вдоль оси Ox



Промежуток (-ки) времени Δt в течение которого (-ых) тело оставалось в покое, равен(-ны):

- 1) 0-2 с; 2) 0-4 с; 3) 0-2 с и 4-6 с; 4) 2-4 с; 5) 4-6 с.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



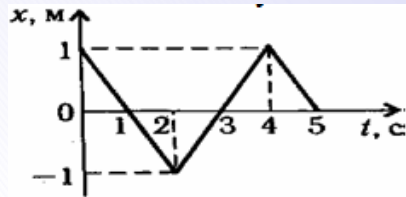
Страница 180 из 300

Назад

На весь экран

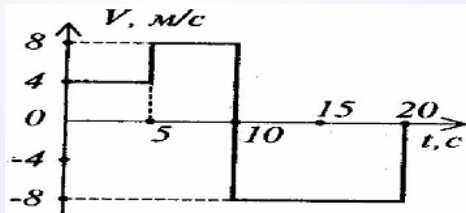
Закрыть

4. На каком из участков графика уравнение движения $x = 1 - t$



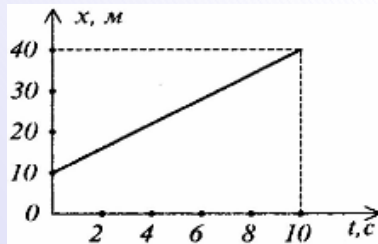
- 1) Только на участке 0-2 с; 2) Только на участке 2-4 с; 3) Только на участке 4-5 с;
4) На участках 0-2 с и 4-5 с.

5. На рисунке представлен график зависимости скорости прямолинейного движения точки от времени. Проекция перемещения точки и расстояние, пройденное точкой за 20 с движения, равны:



- 1) 140 м, -20 м; 2) -80 м, 140 м; 3) -20 м, 140 м; 4) 80 м, 140 м.

6. С помощью графика зависимости координаты тела от времени запишите уравнение движения тела.



- 1) $x = 3t + 40$; 2) $x = 10t + 3$; 3) $x = 3t + 10$; 4) $x = 10t + 10$.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



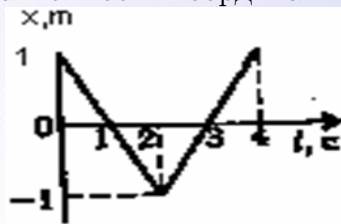
Страница 181 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

7. На рисунке приведена зависимость координаты тела от времени



Чему равны средняя путевая скорость тела и средняя скорость перемещения за первые 4 с движения?

1) 4 м/с, 1 м/с; 2) 1 м/с, 0 м/с; 3) 0,5 м/с, 0 м/с; 4) 1 м/с, 1 м/с.

8. За 30 с от начала движения материальная точка, двигаясь равноускоренно, приобрела скорость 54 км/ч. Ускорение точки равно:

1) 18 м/с²; 2) 0,5 м/с²; 3) 5 м/с²; 4) 5 см/с².

9. Автомобиль подъезжает к перекрестку со скоростью 36 км/ч и тормозит с ускорением 4 м/с². Тормозной путь автомобиля до остановки равен:

1) 25 м; 2) 2,5 м; 3) 12,5 м; 4) 6,25 м.

10. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, прошло путь 100 м за промежуток времени 0,5 с. За какое время оно пройдет первые 10 км пути.

1) 8 с; 2) 6 с; 3) 5 с; 4) 7 с.

11. Во сколько раз скорость пули, прошедшей 1/4 часть ствола винтовки, меньше, чем при вылете из ствола? Ускорение пули считайте постоянным.

1) 1,5; 2) 2,0; 3) 2,5; 4) 3,0.

12. Пуля, летящая со скоростью 400 м/с, ударяется в земляной вал и проникает в него на глубину 36 см. Какова была ее скорость на глубине 18 см?

1) 282 м/с; 2) 200 м/с; 3) 141 м/с; 4) 100 м/с.

13. Расстояние, пройденное телом за n -ую секунду при прямолинейном движении с постоянным ускорением a без начальной скорости, равно:

1) $\frac{a(2n+1)}{2}$; 2) $\frac{a(2n-1)}{2}$; 3) $a(2n + 1)$; 4) $a(2n - 1)$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 182 из 300

Назад

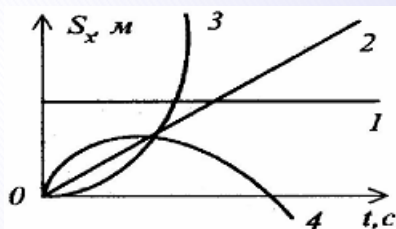
На весь экран

Закрыть

14. Автомобиль, двигавшийся со скоростью 72 км/ч, начинает тормозить с постоянным ускорением. Определить среднюю скорость автомобиля.

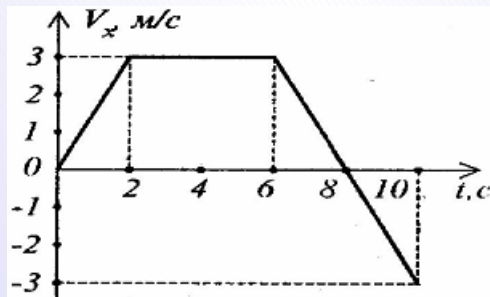
- 1) 5 м/с; 2) 10 м/с; 3) 12 м/с; 4) 13,3 м/с.

15. Какой из графиков зависимости проекции перемещения от времени соответствует равноускоренному движению (с отрицательным ускорением)?



- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

16. На каждом участке графика зависимости проекции скорости V_x от времени (1 участок от 0 до 2 с, 2 участок от 2 до 6 с, 3 участок от 6 до 10 с) найдите ускорение.



- 1) на 1 участке 3 м/с^2 , на 2 участке 3 м/с^2 , на 3 участке -2 м/с^2 ;
 2) на 1 участке 1 м/с^2 , на 2 участке 3 м/с^2 , на 3 участке -1 м/с^2 ;
 3) на 1 участке 2 м/с^2 , на 2 участке 0 м/с^2 , на 3 участке -2 м/с^2 ;
 4) на 1 участке $1,5 \text{ м/с}^2$, на 2 участке 0 м/с^2 , на 3 участке $-1,5 \text{ м/с}^2$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



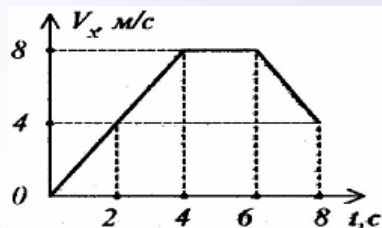
Страница 183 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

17. График зависимости проекции скорости прямолинейного движения материальной точки от времени представлен на рисунке. Средняя скорость движения на отрезке времени от 2 до 8 с равна:



1) 7 м/с; 2) 2 м/с; 3) 3 м/с; 4) 4 м/с.

18. Тело свободно падает с высоты 10 м. В тот же момент другое тело брошено с высоты 20 м вертикально вниз. Оба тела упали на землю одновременно. Определить начальную скорость второго тела.

1) 5; 2) 7; 3) 9; 4) 11.

19. С высоты 2,4 м вертикально вниз брошен мяч со скоростью 1 м/с. Чему будет равна его скорость в момент падения? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) 3; 2) 5; 3) 7; 4) 9.

20. Тело брошено вверх с начальной скоростью 19,6 м/с. Ускорение свободного падения равно $9,8 \text{ м/с}^2$. Максимальная высота, достигнутая телом, равна:

1) 9,8 м; 2) 44,1 м; 3) 19,6 м; 4) 26,7 м.

21. Камень массой 10 г падает вертикально без начальной скорости с высоты h . Одновременно другой камень массой 20 г бросают горизонтально из той же точки. Отношение времен, через которые камни достигнут Земли

1) $1/2$; 2) 2; 3) 1; 4) $1/4$.

22. Самолет летит горизонтально со скоростью 900 км/ч на высоте 8 км. За сколько километров до цели летчик должен сбросить бомбу?

1) 4; 2) 6; 3) 8; 4) 10.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 184 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть



23. Диск вращается равномерно. Все точки диска имеют одинаковую:

- 1) линейную скорость;
- 2) перемещение;
- 3) центростремительное ускорение;
- 4) угловую скорость.

24. На каком расстоянии от оси вращения находится материальная точка, если ее скорость равна 31,4 м/с и за 2 с она делает 5 полных оборотов?

- 1) 10 м;
- 2) 2 м;
- 3) 0,4 м;
- 4) 0,1 м.

25. При равномерном вращении диска центростремительные ускорения точек, находящихся на расстояниях r и $2r$ от оси вращения, относятся как:

- 1) 4;
- 2) 5;
- 3) 0,5;
- 4) 0,25.

26. Точка движется по окружности радиуса R со скоростью V . Во сколько раз изменится центростремительное ускорение, если скорость точки увеличится в 4 раза, а радиус уменьшится в 2 раза?

- 1) увеличится в 8 раз;
- 2) увеличится в 32 раза;
- 3) уменьшится в 32 раза;
- 4) уменьшится в 8 раз.

27. Нейтронная звезда, вращаясь, делает 1 оборот в секунду. Если ее радиус равен 20 км, то центростремительное ускорение точек ее экватора равно:

- 1) $2 \cdot 10^4$ м/с²;
- 2) $4 \cdot 10^5$ м/с²;
- 3) $8 \cdot 10^5$ м/с²;
- 4) $1,2 \cdot 10^7$ м/с².

28. Линейная скорость точек, расположенных на ободе колеса, равна 5 м/с, а точек, находящихся ближе к оси на 0,2 м, – равна 4 м/с. Угловая скорость колеса и частота вращения равны:

- 1) 5 рад/с; 0,8 с⁻¹;
- 2) 3 рад/с; 0,5 с⁻¹;
- 3) 0,5 рад/с; 0,08 с⁻¹;
- 4) 2 рад/с; 0,3 с⁻¹.

29. Минутная стрелка часов на 20% длиннее секундной. Во сколько раз линейная скорость конца секундной стрелки больше, чем конца минутной стрелки?

- 1) 42;
- 2) 48;
- 3) 50;
- 4) 60.

30. Длина минутной стрелки часов 10 см. Средняя скорость пути конца стрелки через 10 мин равна:

- 1) 0 см/с;
- 2) $\frac{\pi}{180}$ см/с;
- 3) $\frac{\sqrt{2}\pi}{30}$ см/с;
- 4) $\frac{\pi}{30\sqrt{2}}$ см/с.

Задачи для самостоятельного решения

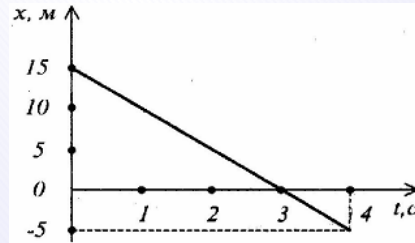
1. Кинематический закон движения материальной точки вдоль оси Ox имеет вид $x = A + Bt$, где $A = 4$, $B = 5$. Определите модуль скорости движения точки.

1) 14 м/с; 2) 4 м/с; 3) 8 м/с; 4) 5 м/с.

2. Автомобиль, движущийся равномерно вдоль оси Ox за промежуток времени $\Delta t_1 = 1$ мин проехал путь $s_1 = 840$ м. За промежуток времени $\Delta t_2 = 25$ с этот автомобиль проедет путь равный:

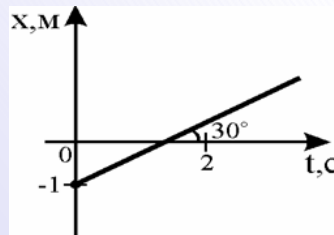
1) 0,35 км; 2) 0,54 км; 3) 0,72 км; 4) 0,96 км; 5) 1,2 км.

3. По графику зависимости координаты от времени определите величину проекции вектора скорости:



1) 2,5 м/с; 2) 5 м/с; 3) -2,5 м/с; 4) -5 м/с.

4. Найти скорость тела с помощью графика.



1) 0,58; 2) 1,73; 3) 2; 4) 3.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 186 из 300

Назад

На весь экран

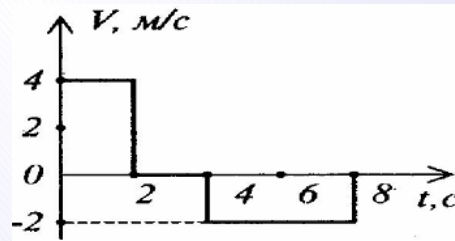
Закрыть

5. Какие из приведенных выражений описывают равномерное прямолинейное движение:

а) $v_x = 3 - t$, б) $s_x = t + 2$, в) $s_x = 2t + 2t^2$, г) $s_x = 5 - 2t$, д) $v_x = -4$, е) $v_x = 4 + 2t$, ж) $s_x = -5$.

1) а, д, ж; 2) б, г, д; 3) б, д, е; 4) в, г, е.

6. На рисунке приведена зависимость скорости от времени. Средняя скорость перемещения и средняя путевая скорость тела за первые 8 с движения составляют:



1) 0 м/с; 2 м/с; 2) 2 м/с; 4 м/с; 3) 1 м/с; 2 м/с; 4) 0,5 м/с; 1 м/с.

7. Автомобиль при скорости движения 20 м/с начинает тормозить и на расстоянии 50 м уменьшает скорость до 10 м/с. Среднее ускорение автомобиля по модулю равно:

1) 5 м/с²; 2) 3 м/с²; 3) 6 м/с²; 4) 2 м/с².

8. С какой скоростью надо бросить камень вдоль горизонтальной поверхности катка, чтобы он, скользя с ускорением 0,5 м/с², остановился на расстоянии 100 м от начального положения?

1) 6 м/с; 2) 8 м/с; 3) 10 м/с; 4) 14 м/с.

9. Тело за 10 с прошло путь 60 м. Если при этом его скорость увеличилась в 5 раз, то ускорение тела составляет:

1) 0,4 м/с²; 2) 0,6 м/с²; 3) 0,8 м/с²; 4) 1,2 м/с².

10. Лыжник спускается с горы длиной 180 м. Сколько времени займет спуск, если ускорение лыжника равно 0,5 м/с², а начальная скорость 4 м/с?

1) 10 с; 2) 14 с; 3) 18 с; 4) 20 с.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 187 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

11. Автомобиль, трогаясь с места, движется равноускоренно с ускорением 2 м/с^2 . Какой путь он пройдет за 4-ю секунду?

- 1) 5; 2) 7; 3) 9; 4) 11.

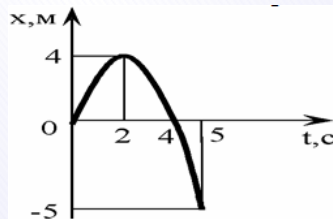
12. Двигаясь от стоянки равноускоренно, автомобиль за 10 с достигает скорости 20 м/с . Следующие 5 с он движется равномерно, а затем останавливается в течение 5 с, двигаясь с постоянным ускорением. Найдите путь автомобиля за все время движения.

- 1) 200; 2) 230; 3) 250; 4) 280.

13. Какое из приведенных уравнений описывает равноускоренное движение тела?

- 1) $x = 6 + 8t^2 - 4t^3$; 2) $V_x = 2t + 3t^2$; 3) $x = 4 + t - t^2$; 4) $a_x = 5 - 6t^2$.

14. В какой момент времени величина скорости тела была наибольшая?



- 1) 0 с; 2) 2 с; 3) 4 с; 4) 5 с.

15. С какой начальной скоростью нужно бросить вертикально вниз тело с высоты $19,6 \text{ м}$, чтобы оно упало на 1 с раньше, чем тело, свободно падающее с той же высоты?

- 1) $10,6 \text{ м/с}$; 2) $12,4 \text{ м/с}$; 3) $14,2 \text{ м/с}$; 4) $14,7 \text{ м/с}$.

16. В некоторый момент времени скорость свободно падающего тела равна 6 м/с . Какой будет скорость тела через 2 с ? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

- 1) 20; 2) 26; 3) 30; 4) 14.

17. Мяч, брошенный вертикально вверх, упал на Землю через 4 с . Скорость, с которой был брошен мяч, равна:

- 1) $39,2 \text{ м/с}$; 2) $19,6 \text{ м/с}$; 3) $9,8 \text{ м/с}$; 4) $14,7 \text{ м/с}$.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 188 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

18. Горизонтально летящая в начальный момент времени пуля пробивает последовательно два вертикальных листа бумаги, расположенные на расстоянии 30 м друг от друга. Если пробоина на втором листе оказалась на 2 мм ниже, чем на первом, то начальная скорость пули была равна:

- 1) 750; 2) 1000; 3) 1200; 4) 1500.

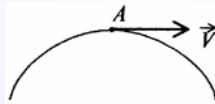
19. С башни бросили шарик в горизонтальном направлении со скоростью $V_0 = 15$ м/с. Определите модуль скорости V и угол, который скорость шарика образует с вертикалью через промежуток времени 2 с.

- 1) $\arctg 4/3$; 25 м/с; 2) $\arctg 3/4$; 35 м/с; 3) $\arctg 3/4$; 25 м/с; 4) $\arctg 4/3$; 35 м/с.

20. Тело, брошенное горизонтально с высоты 80 м, упало на землю на расстоянии 60 м по горизонтали. Перемещение тела за время, в течение которого его скорость увеличилась в 2 раза, составляет:

- 1) 51,6 м; 2) 68,2 м; 3) 82,6 м; 4) 100 м.

21. Точка равномерно движется по окружности. Укажите направление центростремительного ускорения в точке А:



- 1) налево; 2) направо; 3) вверх; 4) вниз.

22. Путь, пройденный материальной точкой при равномерном движении по окружности радиусом 1 м, $S = 3,14t$. Угловая скорость и период вращения равны:

- 1) 6,28 рад/с, 2 с; 2) 3,14 рад/с, 2 с; 3) 6,28 рад/с, 1 с; 4) 3,14 рад/с, 1 с.

23. Шестерня радиусом 0,1 м вращается с частотой 10 с^{-1} . Центробежное ускорение точки на краю шестерни равно:

- 1) 10 м/с^2 ; 2) $62,8 \text{ м/с}^2$; 3) $6,28 \text{ м/с}^2$; 4) 395 м/с^2 .

24. При движении точки по окружности пройденный путь $S = 2t$ м, а угол поворота $\varphi = 5t$ рад. С каким центростремительным ускорением движется точка?

- 1) $2,5 \text{ м/с}^2$; 2) 10 м/с^2 ; 3) 1 м/с^2 ; 4) $0,4 \text{ м/с}^2$.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 189 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

25. На равномерно вращающемся диске нанесены две точки, находящиеся от оси вращения на расстоянии $r_1 = 10$ см; $r_2 = 15$ см. Отношение угловых скоростей и центростремительных ускорений для этих точек равно:

1) 1,5; 1,5; 2) 1,5; 1; 3) 1; 1,5; 4) 1; 2,25.

26. Частота вращения секундной стрелки часов равна:

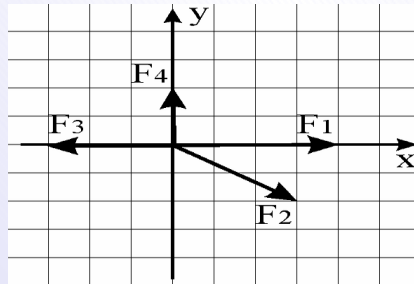
1) $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$; 2) $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$; 3) $2,3 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$; 4) 1 с^{-1} .

27. Период обращения материальной точки, движущейся равномерно по окружности, равен T . Отношение пути, пройденного точкой за время $t = 2T/3$ от начала движения, к модулю ее перемещения за это же время составляет:

1) $\frac{4\sqrt{3}\pi}{9}$; 2) $\frac{2\sqrt{3}\pi}{3}$; 3) $\frac{\sqrt{2}\pi}{9}$; 4) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$.

Практическое занятие 3. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Масса. Сила. Сложение сил. Второй и третий законы Ньютона. Силы упругости. Гравитационные силы. Сила тяжести. Вес тела

1. Найти равнодействующую сил.



1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 8.

2. Найдите равнодействующую трех сил по 200 Н каждая, если углы между первой и второй силой и второй и третьей силой равны по 60° .

1) 200 Н; 2) 300 Н; 3) 400 Н; 4) 500 Н.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 190 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

3. К телу приложены две силы, равные 7 и 12 Н. Модуль равнодействующей этих сил будет наибольшим, если угол между силами составляет:

- 1) 90° ; 2) 180° ; 3) 120° ; 4) 0° .

4. На парашютиста массой 80 кг в начале прыжка действует сила сопротивления воздуха, вертикальная составляющая которой 400 Н, а горизонтальная 300 Н. Найдите равнодействующую всех сил.

- 1) 400 Н; 2) 300 Н; 3) 500 Н; 4) 700 Н.

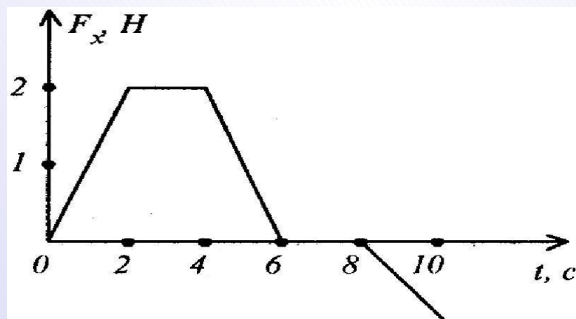
5. Сила 60 Н сообщает телу ускорение $0,8 \text{ м/с}^2$. Какая сила сообщит этому телу ускорение 2 м/с^2 ?

- 1) 100 Н; 2) 125 Н; 3) 150 Н; 4) 175 Н.

6. Под действием силы тело массой 10 кг приобрело ускорение 2 м/с^2 . Эта же сила сообщит телу массой 2 кг ускорение:

- 1) 4 м/с^2 ; 2) 6 м/с^2 ; 3) 10 м/с^2 ; 4) 2 м/с^2 .

7. На рисунке представлен график зависимости от времени проекции на ось x силы, действующей на тело. Каким было движение в промежутке 2-4 с?



8. К телу под прямым углом друг к другу приложены две силы 6 Н и 8 Н. Под действием этих сил тело движется с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Масса тела равна:

- 1) 200 кг; 2) 20 кг; 3) 10 кг; 4) 100 кг.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



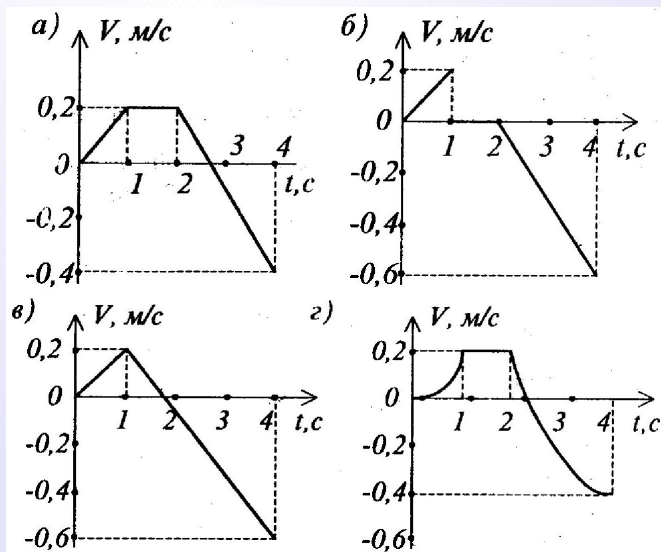
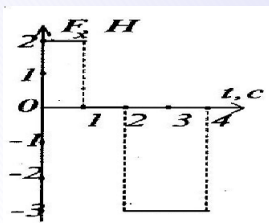
Страница 191 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

9. Зависимость проекции силы, действующей на тело массой 10 кг от времени, представлена на рисунке. Начальная скорость тела равна 0. График x -проекции скорости этого тела показан на рисунке



1) а; 2) б; 3) в; 4) г.

10. Под действием силы 2 Н пружина удлинилась на 4 см. Жесткость пружины равна:

1) 2 Н/м; 2) 0,5 Н/м; 3) 0,02 Н/м; 4) 50 Н/м.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 192 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

11. Пружина, растянутая на 5 см, сообщила телу ускорение 2 м/с^2 . Эта же пружина, растянутая на 3 см, сообщит этому же телу ускорение, равное:

- 1) $1,2 \text{ м/с}^2$; 2) $0,6 \text{ м/с}^2$; 3) $1,5 \text{ м/с}^2$; 4) 1 м/с^2 .

12. Грузовик взял на буксир легковой автомобиль массой 2 т и, двигаясь равноускорено за 50 с проехал 400 м. На сколько при этом трос соединяющий автомобили, если его жесткость $2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}$. Трение не учитывать:

- 1) 3,2 мм; 2) 1,6 мм; 3) 4,1 мм; 4) 5,3 мм.

13. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 0,1 м друг от друга и притягиваются с силой $6,67 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$. Какова масса каждого шарика?

- 1) 0,1 кг; 2) 0,01 кг; 3) 0,001 кг; 4) 0,0001 кг.

14. Как изменится модуль силы тяготения между двумя шарами, если массу одного из них и расстояние между их центрами увеличить в два раза?

1) не изменится; 2) увеличится в 2 раза; 3) уменьшится в 2 раза; 4) уменьшится в 4 раза.

15. Масса Луны в 80 раз, а радиус в 4 раза меньше, чем у Земли. Ускорение свободного падения на Луне равно:

- 1) $1,96 \text{ м/с}^2$; 2) $19,6 \text{ м/с}^2$; 3) $2,4 \text{ м/с}^2$; 4) $4,9 \text{ м/с}^2$.

16. Сила тяжести, приложенная к телу на высоте $4R_3$ от поверхности Земли, меньше, чем у поверхности в:

- 1) 10 раз; 2) 15 раз; 3) 20 раз; 4) 25 раз.

17. Человек в лифте весит больше, когда лифт:

1) свободно падает; 2) ускоренно поднимается; 3) ускоренно опускается; 4) движется равномерно.

18. Космонавт массой 60 кг при вертикальном взлете ракеты давит на опору с силой 5400 Н. Найдите ускорение ракеты ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

- 1) 50 м/с^2 ; 2) 60 м/с^2 ; 3) 70 м/с^2 ; 4) 80 м/с^2 .



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 193 из 300

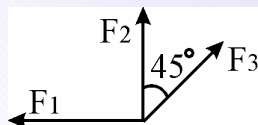
Назад

На весь экран

Закрыть

Задачи для самостоятельного решения

1. Найти равнодействующую сил $F_1 = 10 \text{ Н}$, $F_2 = 10 \text{ Н}$, $F_3 = 8 \text{ Н}$.



1) 12 Н 2) 17,9 Н 3) 4,6 Н 4) 16,2 Н

2. Найдите равнодействующую двух сил, равных 3 Н и 8 Н и направленных под углом 120° друг к другу.

1) 3; 2) 5; 3) 7; 4) 9.

3. На самолет действуют: в вертикальном направлении сила тяжести 550 кН и подъемная сила 555 кН, а в горизонтальном направлении сила тяги 162 кН и сила сопротивления воздуха 150 кН. Найдите величину равнодействующей всех сил (в кН).

1) 7; 2) 9; 3) 11; 4) 13.

4. Покоящаяся хоккейная шайба массой 250 г после удара клюшкой, длящегося 0,02 с, скользит по льду со скоростью 30 м/с. Определите среднюю силу удара.

1) 300 Н; 2) 325 Н; 3) 350 Н; 4) 375 Н.

5. Определите силу, под действием которой x -проекция перемещения тела массой 10 кг изменяется согласно уравнению $S = 3t + 0,1t^2$.

1) 2 Н; 2) 4 Н; 3) 1 Н; 4) 30 Н.

6. На тело массой 1 кг действуют три силы, числовые значения которых равны 6 Н, 8 Н и 10 Н, соответственно. Определить минимальное значение ускорения тела в инерциальной системе отсчета.

1) 0 м/с^2 ; 2) 1 м/с^2 ; 3) 2 м/с^2 ; 4) 3 м/с^2 .

7. Тело массой 10 кг передвигают вдоль гладкой горизонтальной поверхности, действуя на него силой 40 Н под углом 60° к горизонту. Найдите ускорение тела.

1) $0,5 \text{ м/с}^2$; 2) 1 м/с^2 ; 3) $1,5 \text{ м/с}^2$; 4) 2 м/с^2 .



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



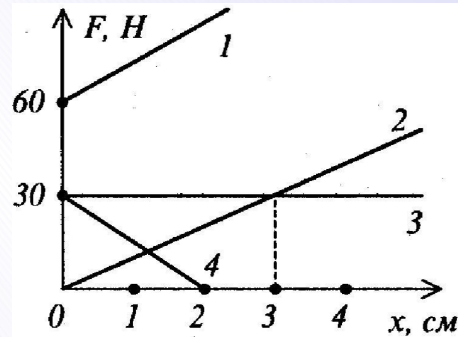
Страница 194 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

8. На каком графике представлена зависимость модуля силы упругости F от удлинения пружины с жесткостью $k = 1000 \text{ Н/м}$?



1) на графике 1; 2) на графике 2; 3) на графике 3; 4) на графике 4.

9. Один конец пружинки с коэффициентом жесткости 100 Н/м привязан к потолку лифта, а к другому концу привязана гирька массой 100 г . Найти модуль ускорения лифта, если растяжение пружинки равно $1,2 \text{ см}$.

1) 1 м/с^2 ; 2) $1,5 \text{ м/с}^2$; 3) 2 м/с^2 ; 4) $2,5 \text{ м/с}^2$.

10. У поверхности Земли на тело действует сила гравитационного тяготения 36 Н . Чему равна сила тяготения, действующая на тело на расстоянии $3R$ от центра Земли?

1) 18 Н ; 2) 9 Н ; 3) 12 Н ; 4) 4 Н .

11. Чему была равна сила притяжения между двумя телами, если после увеличения расстояния между ними в два раза, сила тяготения уменьшилась на 3 Н ?

1) 5 Н ; 2) 4 Н ; 3) 6 Н ; 4) 8 Н .

12. Ускорение свободного падения на высоте, равной n радиусам Земли, равно:

1) $\frac{g}{n^2}$; 2) $\frac{g}{n+1}$; 3) $\frac{g}{n}$; 4) $\frac{g}{(n+1)^2}$.

13. На какой высоте (в км) над поверхностью Земли ускорение свободного падения в 16 раз меньше, чем на земной поверхности? Радиус Земли 6400 км .

1) 16000 км ; 2) 17600 км ; 3) 19200 км ; 4) 20300 км .



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 195 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

14. Лифт движется с ускорением $a = 1 \text{ м/с}^2$, направленным вертикально вверх. Чему равен вес тела массой 1 кг, находящегося в лифте ($g = 10 \text{ м/с}^2$)?

1) 10 Н; 2) 11 Н; 3) 9 Н; 4) 0 Н.

15. При движении тела вместе с опорой с ускорением a_1 , направленным вертикально вверх, вес тела увеличивается в три раза, а при движении с ускорением a_2 , направленным вертикально вниз – уменьшается в два раза. Отношение a_1/a_2 , равно:

1) 9; 2) 1; 3) 3; 4) 4.

Практическое занятие 4. Силы трения. Движение под действием сил трения. Движение тела под действием нескольких сил в вертикальном и горизонтальном направлении и по наклоненной плоскости.

Движение связанных тел

1. Поезд массой 1000 т движется по горизонтальному пути. Сила тяги паровоза 600 кН. Коэффициент трения скольжения 0,005, $g = 10 \text{ м/с}^2$. Ускорение, с которым движется поезд, равно:

1) 0,6 м/с²; 2) 1 м/с²; 3) 0,55 м/с²; 4) 0,5 м/с².

2. Автоинспектор установил, что след торможения автомобиля на асфальтовой дороге равен 40 м. С какой скоростью (в км/ч) ехал автомобиль, если коэффициент трения колес об асфальт 0,5? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) 36 км/ч; 2) 54 км/ч; 3) 72 км/ч; 4) 90 км/ч.

3. Брусок массой 3 кг с помощью горизонтальной пружины тянут равномерно по доске, расположенной горизонтально. Какова жесткость пружины, если она удлинилась при этом на 5 см? Коэффициент трения между бруском и доской 0,25 ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

1) 100 Н/м; 2) 150 Н/м; 3) 200 Н/м; 4) 50 Н/м.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 196 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 197 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

4. К вертикальной стене горизонтальной силой 20 Н прижимается брусок массой 2 кг. Найти модуль вертикально направленной силы, под действием которой брусок будет скользить вниз с ускорением 1 м/с^2 при коэффициенте трения, равном 0,1.

1) 14 Н; 2) 16 Н; 3) 18 Н; 4) 20 Н.

5. Тело соскальзывает с вершины наклонной плоскости высотой 8 м и углом наклона 45° за 2 с. Определить коэффициент трения скольжения. Начальная скорость тела равна нулю

1) 0,1; 2) 0,2; 3) 0,3; 4) 0,4.

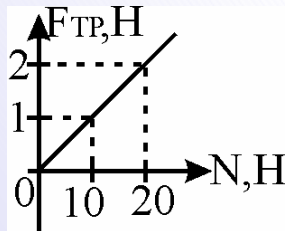
6. Вверх по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту 45° пущена шайба со скоростью 12 м/с. Через некоторое время она останавливается и соскальзывает вниз. С какой скоростью она вернется в исходную точку? Коэффициент трения шайбы о плоскость 0,8.

1) 12 м/с; 2) 10 м/с; 3) 6 м/с; 4) 4 м/с.

7. Тело массой 1 кг, брошенное вертикально вверх со скоростью 40 м/с, достигло высшей точки подъема через 2,5 с. Найдите значение силы сопротивления воздуха, считая ее постоянной.

1) 2 Н; 2) 4 Н; 3) 6 Н; 4) 8 Н.

8. По графику зависимости силы трения от силы нормального давления определите коэффициент трения.



1) 0,01; 2) 0,1; 3) 0,2; 4) 0,02.

9. Веревка выдерживает груз массой 80 кг при вертикальном подъеме с некоторым ускорением и груз массой 120 кг при движении вниз с таким же ускорением. Груз какой максимальной массы можно поднимать с помощью этой веревки с постоянной скоростью?

1) 80 кг; 2) 120 кг; 3) 104 кг; 4) 96 кг.

10. Автомобиль массой 1,2 т с прицепом массой 3,6 т развивает силу тяги 7,2 кН. Пренебрегая силой трения, определите силу, приложенную к прицепу.

1) 7,2 кН; 2) 3,6 кН; 3) 5,4 кН; 4) 2,4 кН.

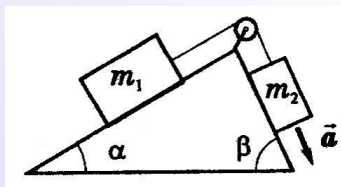
11. Два груза, соединенные нитью, движутся по гладкой горизонтальной плоскости. Когда сила 100 Н была приложена к одному из грузов, сила натяжения нити была равна 30 Н. Какой будет сила натяжения, если силу 100 Н приложить к другому грузу? Сила направлена горизонтально.

1) 30; 2) 100; 3) 50; 4) 70.

12. На горизонтальном столе лежит тело массой 500 г, которое приводится в движение грузом массой 300 г, подвешенным на одном конце нити, перекинутой через блок. Коэффициент трения между телом и столом равен 0,2. С каким ускорением будет двигаться тело?

1) 0,65; 2) 1,15; 3) 1,85; 4) 2,45.

13. Масса груза $m_1 = 1$ кг, углы $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 64^\circ$. Какой должна быть масса m_2 , чтобы грузы двигались с ускорением $4,9 \text{ м/с}^2$? Нить нерастяжима. Трением пренебречь.



1) 2 кг; 2) 2,5 кг; 3) 3 кг; 4) 1,5 кг.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 198 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Задачи для самостоятельного решения

1. Тело движется вдоль оси Ox под действием силы трения. Скорость тела задана уравнением $v_x = 3 - 2,5t$. Найдите коэффициент трения ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

1) 0,1; 2) 0,15; 3) 0,2; 4) 0,25.

2. Какая горизонтальная сила приложена к телу массой 8 кг, если под действием этой силы оно равномерно движется по столу при коэффициенте трения 0,3? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) 20 Н; 2) 24 Н; 3) 28 Н; 4) 32 Н.

3. Груз массой 6 кг тянут по горизонтальной поверхности, прикладывая силу 16 Н, направленную вверх под углом 60° к направлению скорости. Груз движется с ускорением $1,2 \text{ м/с}^2$ ($g = 10 \text{ м/с}^2$). Определите коэффициент трения.

1) 0,45; 2) 0,5; 3) 0,55; 4) 0,017.

4. Свободное тело равномерно скользит по наклонной плоскости с углом наклона 15° к горизонту. Коэффициент трения скольжения равен:

1) $\sin 15^\circ$; 2) $\text{tg } 75^\circ$; 3) $\text{tg } 15^\circ$; 4) $\cos 15^\circ$.

5. Ледяная гора длиной 18 м составляет с горизонтом угол 30° . По горе скатывается мальчик на санках. Чему равна сила трения при скатывании санок, если спуск с горы продолжается 3 с? Масса мальчика вместе с санками 60 кг. $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) 50 Н; 2) 60 Н; 3) 70 Н; 4) 0 Н.

6. Груз массой 9 кг поднимают равномерно по наклонной плоскости с углом наклона 30° к горизонту, прикладывая силу, направленную параллельно наклонной плоскости. Найдите величину этой силы, если коэффициент трения равен $\frac{\sqrt{3}}{9}$, $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) 40 Н; 2) 50 Н; 3) 60 Н; 4) 70 Н.

7. На падающее из состояния покоя с высоты 25 м в воздухе тело массой 400 г действовала сила сопротивления 2 Н. Определите скорость тела в конце падения:

1) 18 м/с; 2) 20 м/с; 3) 25 м/с; 4) 15,8 м/с.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 199 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

8. Нить с грузом подвешена на тележке, которая движется с ускорением $2,25 \text{ м/с}^2$. Найдите силу натяжения нити после того как она займет устойчивое наклонное положение. Масса груза 4 кг ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

1) 31 Н ; 2) 36 Н ; 3) 41 Н ; 4) 46 Н .

9. Груз массой $0,5 \text{ кг}$ подвешен к потолку лифта с помощью двух нитей, каждая из которых образует с вертикалью угол 60° . Какой будет сила натяжения каждой нити, если лифт будет подниматься с ускорением 2 м/с^2 ? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) 2 Н ; 2) 4 Н ; 3) 6 Н ; 4) 8 Н .

10. На концах нити, перекинутой через блок с неподвижной осью, прикреплены грузы массами 300 г и 200 г . С каким ускорением движутся грузы? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) 1 м/с^2 ; 2) 2 м/с^2 ; 3) 3 м/с^2 ; 4) 4 м/с^2 .

11. Два тела связаны невесомой нитью, перекинутой через блок, закрепленный на вершине гладкой наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 30° . Масса тела, находящегося на наклонной плоскости, равна 1 кг , а масса свешивающегося тела – 4 кг . Определить модуль ускорения тел.

1) 3 м/с^2 ; 2) 5 м/с^2 ; 3) 7 м/с^2 ; 4) 9 м/с^2 .

12. С каким ускорением опускают груз на веревке, если ее натяжение увеличилось втрое по сравнению с натяжением, создаваемым неподвижным грузом?

1) $6,6 \text{ м/с}^2$; 2) 20 м/с^2 ; 3) 30 м/с^2 ; 4) 40 м/с^2 .

Практическое занятие 5. Динамика движения по окружности.

Давление. Механика жидкостей и газов

1. Какую минимальную скорость должен развить автомобиль массой 2000 кг , чтобы благополучно проехать по выпуклому мосту с радиусом кривизны 100 м , выдерживающему нагрузку не более 18000 Н ?

1) 5 м/с ; 2) 10 м/с ; 3) 15 м/с ; 4) 20 м/с .



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 200 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

2. Лыжник массой 65 кг движется по вогнутому участку дороги с радиусом кривизны 20 м. Найти силу давления лыж на дорогу в нижней точке этого участка, если скорость движения лыжника 2 м/с ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$).

1) 600 Н; 2) 650 Н; 3) 700 Н; 4) 550 Н.

3. С какой скоростью едет автомобиль по выпуклому мосту, радиус кривизны которого 63 м, если давление автомобиля на мост в верхней точке моста в два раза больше, чем в точке, направление на которую из центра кривизны моста составляет 30° с вертикалью?

1) 16 м/с; 2) 21 м/с; 3) 26 м/с; 4) 31 м/с.

4. Груз массой 800 г равномерно вращают в вертикальной плоскости с частотой $0,6 \text{ с}^{-1}$ на нити длиной 1 м. При прохождении грузом верхней точки траектории сила натяжения нити равна:

1) 5,6 Н; 2) 3,52 Н; 3) 4,2 Н; 4) 6,28 Н.

5. Определите перегрузку (отношение веса к силе тяжести) летчика в нижней точке мертвой петли радиусом 200 м при скорости самолета 360 км/ч.

1) 6; 2) 5; 3) 4; 4) 10.

6. Подвешенный на нити шарик массой 200 г вращается в горизонтальной плоскости по окружности с постоянной по модулю скоростью. Определите силу натяжения нити, если радиус окружности по которой движется шарик, равен $\frac{2l}{\sqrt{5}}$, где l – длина нити.

1) 4; 2) 10; 3) 15; 4) 5.

7. Мотоцикл движется по внутренней поверхности вертикальной цилиндрической стены, описывая при этом окружность в горизонтальной плоскости. Определите коэффициент трения, если скорость автомобиля 72 км/ч, а радиус цилиндра 40 м.

1) 1; 2) 0,5; 3) 5; 4) 0,1.

8. Вес некоторого тела на полюсе Земли на 313,6 мН больше, чем его вес на экваторе. Чему равна масса этого тела? Радиус Земли 6400 км. Землю считать идеальным шаром.

1) 20 кг; 2) 50 кг; 3) 10 кг; 4) 6 кг.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 201 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

9. Определить в килопаскалях давление в водоеме на глубине 10 м. Атмосферное давление – 10^5 Па.

1) 150; 2) 200; 3) 250; 4) 300.

10. Найти высоту столба ртути в опыте Торричелли при проведении его в горах, где атмосферное давление равно 68 кПа. Плотность ртути равна 13600 кг/м^3 .

1) 0,1; 2) 0,3; 3) 0,5; 4) 0,7.

11. В цилиндрический сосуд налиты равные по массе количества воды и ртути. Общая высота столба жидкостей 146 см. Определите давление этого столба на дно сосуда. Плотность ртути 13600 кг/м^3 .

1) 25000; 2) 27200; 3) 28600; 4) 22700.

12. В дне сосуда имеется отверстие, закрытое пробкой. Пробка выпадает, если в сосуд налить слой ртути высотой 12 см. С каким максимальным ускорением можно поднимать сосуд в который налито 7,5 см ртути, чтобы пробка не выпала?

1) 3; 2) 4; 3) 5; 4) 6.

13. Какая по модулю сила выталкивает воду из иглы медицинского шприца, если на поршень шприца действует сила 6 Н? Площадь поршня равна $0,3 \text{ см}^2$, а площадь отверстия иглы – $0,2 \text{ мм}^2$.

1) 0,02; 2) 0,04; 3) 0,06; 4) 0,08.

14. Малый поршень гидравлического пресса под действием силы 500 Н опустился на 15 см. Если при этом большой поршень поднялся на 5 см, то на него подействовала сила:

1) 3000 Н; 2) 1500 Н; 3) 150 Н; 4) 50 Н.

15. Если в одном из сообщающихся сосудов находится столб жидкости плотностью 1000 кг/м^3 и высотой 10 см, поверх которого налит столб жидкости плотностью 800 кг/м^3 такой же высоты, то высота столба третьей жидкости плотностью 900 кг/м^3 в другом сосуде равна:

1) 20 см; 2) 17 см; 3) 24 см; 4) 14 см.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 202 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

16. Шарик объемом 8 см^3 , подвешенный на пружине, погрузили в воду. Какова жесткость пружины, если удлинение при этом уменьшилось на 2 мм ?

- 1) 20 Н/м ; 2) 40 Н/м ; 3) 60 Н/м ; 4) 80 Н/м .

17. При погружении тела в жидкость его вес уменьшился в три раза. Если плотность жидкости 800 кг/м^3 , то плотность тела равна:

- 1) 1100; 2) 1200; 3) 1600; 4) 2400.

18. Тело массой 150 кг и объемом $0,2 \text{ м}^3$ плавает на поверхности воды. Найти модуль силы Архимеда, действующей на тело, если тело вытесняет $0,15 \text{ м}^3$ воды.

- 1) 1300; 2) 1500; 3) 1700; 4) 1900.

19. Сила Архимеда, действующая на тело, погруженное в воду на $3/4$ объема, равна $1,2 \text{ Н}$. Найти объем тела в см^3 .

- 1) 120; 2) 160; 3) 200; 4) 240.

Задачи для самостоятельного решения

1. Автомобиль массой m движется по выпуклому мосту радиуса r со скоростью v . Максимальная скорость, с которой он может двигаться, не отрываясь от моста в верхней точке, равна:

- 1) $\sqrt{2gr}$; 2) \sqrt{gr} ; 3) \sqrt{mgr} ; 4) $\sqrt{3gr}$.

2. К невесомому стержню длиной 50 см прикреплен шарик массой 400 г , который равномерно вращается в вертикальной плоскости. При какой минимальной угловой скорости вращения произойдет разрыв стержня, если он выдерживает максимальную нагрузку 24 Н ?

- 1) 5 рад/с ; 2) 10 рад/с ; 3) 15 рад/с ; 4) 20 рад/с .

3. Тело массой m равномерно вращается на нити длиной r в вертикальной плоскости. Разность натяжения нити в нижней и верхней точках траектории равна:

- 1) 0; 2) $2mg$; 3) $4mg$; 4) mg .



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 203 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

4. Математический маятник имеет массу 1 кг и длину 20 см. В момент, когда нить маятника образует угол 60° с вертикалью, скорость груза маятника равна 1 м/с. Какова в этот момент сила натяжения нити?

1) 6 Н; 2) 8 Н; 3) 10 Н; 4) 12 Н.

5. Тело массой 1 кг привязано к нити длиной 2 м и вращается по гладкой горизонтальной поверхности. Максимальное натяжение, которое выдерживает нить, 200 Н. Максимальная угловая скорость тела равна:

1) 10 рад/с; 2) 20 рад/с; 3) 100 рад/с; 4) 1 рад/с.

6. Спутник движется по круговой орбите на высоте равной радиусу Земли. Найдите его скорость (в километрах в секунду). Радиус Земли считать 6400 км.

1) 20; 2) 50; 3) 1; 4) 6.

7. Определите радиус виража велосипедиста движущегося со скоростью 10 м/с, если при повороте он наклоняется так, что угол между плоскостью велосипеда и поверхностью земли равен 45° .

1) 10; 2) 20; 3) 15; 4) 5.

8. В очень узкую мензурку налита вода до уровня 10 см. Когда мензурку отклонили на некоторый угол от вертикали, давление воды на дно мензурки уменьшилось в 2 раза. Определить в градусах угол отклонения мензурки от вертикали.

1) 15; 2) 30; 3) 45; 4) 60.

9. На какой глубине давление в воде больше атмосферного в пять раз?

1) 50 м; 2) 40 м; 3) 60 м; 4) 25 м.

10. Цилиндрический сосуд с жидкостью площадью 200 см^2 плотно прикрыт поршнем массой 1 кг. Определите дополнительное давление, которое оказывает поршень на жидкость ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

1) 200; 2) 300; 3) 400; 4) 500.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 204 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

11. Сила давления на большой поршень пресса составляет 500 Н. Определить модуль силы давления на малый поршень, если площадь большого поршня в 5 раз больше площади малого поршня.

1) 100; 2) 150; 3) 200; 4) 250.

12. В два сообщающихся сосуда с поперечным сечением по 20 см² налита ртуть. Плотность ртути 13600 кг/м³. Чтобы уровень ртути в одном сосуде поднялся на 1 см, в другом нужно добавить воды:

1) 544 г; 2) 272 г; 3) 136 г; 4) 1088 г.

13. Ртуть находится в сообщающихся сосудах, площади сечения которых относятся как 1:3. Уровень ртути в узком колене расположен на расстоянии 30 см от верхнего конца трубки. Если это колено доверху долить водой, то уровень ртути в правом колене повысится на:

1) 1,42 см; 2) 0,32 см; 3) 0,82 см; 4) 0,58 см.

14. В сообщающихся сосудах площадью сечения 100 см² находится ртуть. В один из сосудов наливают воду массой 2 кг и опускают в нее деревянный брусок массой 0,72 кг. На сколько миллиметров поднимется ртуть в другом сосуде? Плотность ртути 13600 кг/м³.

1) 10; 2) 12; 3) 14; 4) 16.

15. Чему равна архимедова сила (в мН), действующая в воздухе на тело объемом 50 дм³? Плотность воздуха 1,29 кг/м³.

1) 500; 2) 645; 3) 695; 4) 580.

16. Шарик массой 10 г движется с постоянной скоростью вверх в жидкости, плотность которой в 3 раза больше плотности вещества шарика. Сила сопротивления жидкости при движении шарика равна:

1) 0,2 Н; 2) 0,6 Н; 3) 0,5 Н; 4) 0,3 Н.

17. Однородный шарик массой 60 г лежит на дне пустого стакана. В стакан наливают жидкость так, что объем погруженной части шарика оказывается в 6 раз



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 205 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

меньше его общего объема. Плотность жидкости в 3 раза больше плотности материала шарика. Найдите силу давления (в мН) шарика на дно стакана

1) 100; 2) 200; 3) 300; 4) 400.

18. Определите наименьшую площадь плоской льдины толщиной 25 см, способной удержать на воде человека массой 75 кг. Плотность льда 900 кг/м^3 .

1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 5.

Практическое занятие 6. Импульс тела. Импульс физической системы. Теорема об изменении импульса. Закон сохранения импульса. Неупругие столкновения. Механическая работа. Мощность. КПД

1. Два одинаковых шарика массами 3 кг движутся во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями 3 м/с и 4 м/с. Чему равна величина полного импульса этой системы?

1) 9; 2) 12; 3) 15; 4) 21.

2. Свободно падающий шарик массой 200 г ударился о пол со скоростью 5 м/с и подпрыгнул на высоту 80 см. Модуль изменения импульса шарика при ударе равен:

1) 1,8 (кг·м)/с; 2) 0,8 (кг·м)/с; 3) 0,2 (кг·м)/с; 4) 2 (кг·м)/с.

3. Тело массой 1 кг равномерно вращается по окружности радиусом 1 м с угловой скоростью 2 рад/с. Найдите модуль изменения импульса тела при повороте радиус-вектора, проведенного из центра окружности к телу, на 180° .

1) 4; 2) 6; 3) 8; 4) 2.

4. Лыжник бросает снежки массой 100 г со скоростью 10 м/с вдоль лыжни. С какой минимальной частотой ему надо это делать, чтобы двигаться при силе трения лыж о снег в 15 Н?

1) 5; 2) 10; 3) 15; 4) 20.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 206 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

5. Металлический шарик массой 20 г, падающий со скоростью 5 м/с, ударяется упруго о стальную плиту и отскакивает от нее в противоположном направлении с такой же по модулю скоростью. Найдите среднюю силу взаимодействия шарика с плитой за время соударения, если оно длилось 0,01 с. Действием силы тяжести за время удара пренебречь.

1) 10; 2) 20; 3) 30; 4) 15.

6. С каким ускорением будет подниматься с поверхности земли ракета массой 1 т, если она выбрасывает вертикально вниз 10 кг раскаленных газов в секунду со скоростью 1500 м/с?

1) 2,5; 2) 15; 3) 7,5; 4) 10.

7. Шар массой 200 г, двигавшийся со скоростью 5 м/с, сталкивается абсолютно неупруго с шаром массой 300 г, двигавшемся в том же направлении со скоростью 4 м/с. Найдите скорость шаров после удара. Ответ дайте в см/с.

1) 125 см/с; 2) 440 см/с; 3) 320 см/с; 4) 400 см/с.

8. Из орудия массой 3 т вылетает в горизонтальном направлении снаряд массой 15 кг со скоростью 650 м/с. Какую скорость (по абсолютной величине) получит орудие при отдаче? Ответ дайте в см/с.

1) 125 см/с; 2) 225 см/с; 3) 325 см/с; 4) 425 см/с.

9. Мальчик массой 40 кг догоняет тележку массой 20 кг, движущуюся со скоростью 2 м/с, и вскакивает на нее со скоростью 10 м/с, направленной под углом 60° к горизонту. Скорость движения тележки с мальчиком равна:

1) 9 м/с; 2) 3 м/с; 3) 0,5 м/с; 4) 4 м/с.

10. Человек массой 80 кг со скоростью 7 м/с прыгает в направлении перпендикулярном берегу, на плот массой 300 кг, который плывет по течению со скоростью 1 м/с. С какой скоростью двигался бы плот, если бы не было сопротивления воды?

1) 0,17 м/с; 2) 2,3 м/с; 3) 0,5 м/с; 4) 1,7 м/с.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 207 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

11. Лодка массой 80 кг отплывает от берега со скоростью v_1 , направленной под углом 30° к линии берега. С берега на лодку с разгона прыгает юноша массой 40 кг со скоростью 6 м/с, перпендикулярной линии берега. При этом лодка продолжает движение под углом 60° к линии берега. Первоначальная скорость лодки равна:

1) 2 м/с; 2) 3 м/с; 3) 4 м/с; 4) 5 м/с.

12. Башенный кран равномерно поднимает в горизонтальном положении стальную балку длиной 5 м и сечением $0,01 \text{ м}^2$ на высоту 15 м. Найдите работу, совершаемую краном. Плотность материала балки 7800 кг/м^3 .

1) 55500; 2) 56500; 3) 57600; 4) 58500.

13. Сани тянут с помощью веревки, направленной под углом 60° к направлению скорости движения санок. Сила натяжения веревки 50 Н. Под действием этой силы сани перетянули на 30 м. Совершенная работа равна:

1) 1500 Дж; 2) 750 Дж; 3) 45 000 Дж; 4) 1200 Дж.

14. При торможении автомобиля на него действует сила трения, равная по модулю 1000 Н. Длина тормозного пути 3 м. Определить работу силы трения.

1) -1000 ; 2) -2000 ; 3) -3000 ; 4) -4000 .

15. Тело массой 1 кг движется с постоянной скоростью по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения тела о плоскость равен 0,1. Определить работу силы тяги, приложенной к телу в горизонтальном направлении, при перемещении тела на 1 м.

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

16. Тело массой 20 кг поднимают по наклонной плоскости на высоту 6 м, причем вдоль плоскости оно прошло 10 м. Найдите работу силы трения, если сила тяги параллельна плоскости, а коэффициент трения 0,2. В ответе укажите модуль полученной величины.

1) 320; 2) 360; 3) 400; 4) 280.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



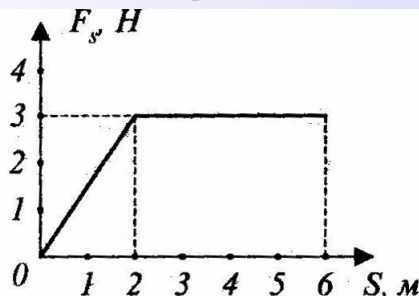
Страница 208 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

17. Зависимость проекции силы на перемещение задана графически.



Величина работы на первых 6 м движения равна:

1) 12 Дж; 2) 4 Дж; 3) 21 Дж; 4) 15 Дж.

18. Автомобиль массой 5 т движется с постоянной скоростью 54 км/ч на подъем с углом наклона 100 и коэффициентом трения 0,2. Мощность, развиваемая двигателем, равна:

1) 150 кВт; 2) 315 кВт; 3) 220 кВт; 4) нет правильного ответа.

19. Подъемный кран поднимает на высоту 36 м плиту перекрытия массой 2,4 т за 1,2 мин. КПД 80%. Мощность двигателя равна:

1) 2,3 кВт; 2) 5,8 кВт; 3) 6 кВт; 4) 15 кВт.

20. Высота наклонной плоскости равна 1,2 м, а длина 10,8 м. Для равномерного подъема по этой наклонной плоскости груза массой 180 кг потребовалась сила 250 Н. Определите КПД наклонной плоскости.

1) 70%; 2) 75%; 3) 80%; 4) 85%.

Задачи для самостоятельного решения

1. Два одинаковых шарика массами 2 кг движутся навстречу друг другу. Скорость одного шарика 3 м/с, другого 7 м/с. Найдите величину суммарного импульса двух шариков.

1) 14; 2) 6; 3) 10; 4) 8.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 209 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

2. Пуля массой 10 г пробилла стенку, при этом скорость ее уменьшилась от 800 м/с до 400 м/с. Найдите изменение импульса пули. В ответе укажите модуль полученной величины.

1) 10; 2) 8; 3) 6; 4) 4.

3. Тело падает под углом 60° к вертикали на горизонтальную плоскость. Определить модуль изменения импульса тела за время удара, если к моменту касания с плоскостью модуль импульса тела равен 8 Н·с. Удар считать абсолютно упругим.

1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 8.

4. Мяч массой 100 г, летящий со скоростью 2 м/с, пойман налету. Какова средняя сила удара мяча о руку, если он остановился за 0,02 с?

1) 6; 2) 8; 3) 10; 4) 20.

5. Из отверстия в боковой стенке бака с водой бьет струя. Найти модуль реактивной силы, если расход воды составляет 3 кг/с, а ее скорость равна 20 м/с.

1) 20 Н; 2) 60 Н; 3) 40 Н; 4) 80 Н.

6. Электровоз массой $1,8 \cdot 10^5$ кг, движущийся со скоростью 0,5 м/с, сталкивается с неподвижным вагоном массой $4,5 \cdot 10^4$ кг, после чего они движутся вместе. Найдите скорость (в см/с) их совместного движения.

1) 30 см/с 2) 40 см/с 3) 50 см/с 4) 60 см/с

7. Два тела, двигаясь навстречу друг другу со скоростью 3 м/с каждое, после соударения стали двигаться вместе со скоростью 1,5 м/с. Найдите отношение их масс.

1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 5.

8. На тележку массой 60 кг, движущуюся со скоростью 6 м/с, запрыгивает мальчик массой 40 кг со скоростью 8 м/с перпендикулярно направлению движения тележки. Скорость тележки с мальчиком равна:

1) 1,2 м/с; 2) 2,4 м/с; 3) 4,8 м/с; 4) 6,8 м/с.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 210 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

9. Тело движется по горизонтальной поверхности под действием горизонтальной силы в 15 Н. Определить работу этой силы при перемещении тела на 3 м в направлении действия силы.

1) 25; 2) 35; 3) 45; 4) 55.

10. Груз массой 1 кг начинают поднимать за веревку вертикально вверх с постоянным ускорением. За 2 с силой натяжения веревки была совершена работа 48 Дж. Найдите ускорение груза.

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

11. На тело массой 1 кг, брошенное с поверхности Земли вертикально вверх с начальной скоростью 11 м/с, действует постоянная сила сопротивления, равная по модулю 1 Н. Определить работу силы тяжести за время подъема тела до максимальной высоты.

1) -35; 2) -55; 3) -75; 4) -100.

12. Санки массой 18 кг равномерно передвигают по горизонтальному участку дороги с помощью веревки, наклоненной под углом 30° к горизонту. Коэффициент трения 0,08. Найдите работу силы натяжения на пути 100 м.

1) 1376 Н; 2) 1276 Н; 3) 1476 Н; 4) 1326 Н.

13. Тело массой 0,5 кг соскальзывает с вершины наклонной плоскости высотой 7 м до ее основания. Угол наклона плоскости к горизонту 45° , коэффициент трения 0,2. Найдите работу силы трения. В ответе укажите абсолютное значение работы.

1) 3; 2) 5; 3) 7; 4) 9.

14. Чтобы откачать воду из котлована цилиндрической формы глубиной 3,6 м и площадью основания 10 м^2 , заполненного до краев водой, за 5 мин, необходимо использовать насос, мощность которого не меньше:

1) 320 Вт; 2) 1080 Вт; 3) 4320 Вт; 4) 2160 Вт.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 211 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

15. Автомобиль массой 2000 кг движется по горизонтальной дороге со скоростью 72 км/ч. Сила сопротивления движению составляет $1/20$ от веса автомобиля. Определите полезную мощность (в кВт) автомобиля.

1) 15; 2) 20; 3) 25; 4) 30.

16. Подъемный кран поднимает груз массой 1 т с ускорением 1 м/с^2 за время 10 с на некоторую высоту. Найдите среднюю мощность (в кВт), развиваемую силой натяжения канатов.

1) 50; 2) 55; 3) 60; 4) 65.

17. Нефть откачивают из скважины глубиной 500 м с помощью насоса, потребляющего мощность 10 кВт. Каков КПД (в процентах) насоса, если за одну минуту его работы на поверхность земли подается 96 кг нефти?

1) 70%; 2) 75%; 3) 80%; 4) 90%.

18. Плотность воды 1000 кг/м^3 , а плотность стекла 2500 кг/м^3 . Если стеклянный шарик массы 100 г погрузить в воде на глубину 50 см, то сила Архимеда совершит работу, равную:

1) 0,5; 2) 0,2; 3) -0,5; 4) -0,2.

Практическое занятие 7. Кинетическая и потенциальная энергия.

Теорема об изменении кинетической энергии. Закон сохранения полной механической энергии. Превращения энергии при действии сил тяжести, сил упругости, сил трения. Упругие столкновения

1. Масса ракеты при разгоне уменьшается в 4 раза, а ее скорость возрастает в 4 раза. Во сколько раз увеличилась при разгоне кинетическая энергия ракеты?

1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 5.

2. Шарик массой 0,2 кг равномерно вращается по окружности радиусом 0,5 м с частотой 2 Гц. Определить кинетическую энергию шарика.

1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 8.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 212 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

3. При торможении тела массой 2 кг скорость уменьшилась с 3 м/с до 2 м/с. Определить работу тормозящей силы.

1) -10; 2) -5; 3) 5; 4) 10.

4. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 600 м/с, попадает в стенку. Определить, насколько углубится пуля в стенку, если модуль силы сопротивления движению пули в стене постоянен и равен 10000 Н.

1) 0,12; 2) 0,14; 3) 0,16; 4) 0,18.

5. На Земле лежит однородный столб массой 100 кг и длиной 5 м. Чтобы поставить столб вертикально, нужно совершить минимальную работу:

1) 5000; 2) 2500; 3) 500; 4) 250.

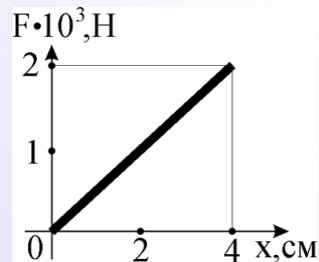
6. Тело массой 0,5 кг скатывается с вершины наклонной плоскости длиной 1 м и углом при основании 30° . Определить работу силы тяжести при скатывании.

1) 1; 2) 1,5; 3) 2; 4) 2,5.

7. Потенциальная энергия упруго деформированного тела при уменьшении его деформации в 2 раза:

1) уменьшится в 4 раза; 2) уменьшится в 2 раза; 3) не изменится; 4) увеличится в 2 раза.

8. Зависимость силы упругости F от растяжения пружины x приведена на рисунке.



Потенциальная энергия пружины, растянутой на 4 см, равна:

1) $8 \cdot 10^3$ Дж; 2) 80 Дж; 3) 40 Дж; 4) $4 \cdot 10^3$ Дж.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 213 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

9. Скорость тела, свободно падающего с высоты 20 м, в конце падения равна:

- 1) 15 м/с; 2) 20 м/с; 3) 25 м/с; 4) 30 м/с.

10. Тело массой 2 кг свободно падает с высоты 10 м. Начальная скорость тела равна нулю, сопротивление воздуха отсутствует. На какой высоте потенциальная энергия тела в 4 раза больше кинетической?

- 1) 9 м; 2) 8 м; 3) 6 м; 4) 4 м.

11. Какую горизонтальную скорость нужно сообщить шару, висящему на легкой нерастяжимой нити, для подъема на высоту 10 см? Сопротивление воздуха не учитывать.

- 1) 1 м/с; 2) 1,41 м/с; 3) 1,72 м/с; 4) 2 м/с.

12. На пути скользящей по горизонтальной поверхности без трения шайбы оказалась пологая горка высотой 10 см. Найти минимальное значение модуля скорости шайбы, при которой она преодолевает подъем.

- 1) 2 м/с; 2) 1,72 м/с; 3) 1,41 м/с; 4) 1 м/с.

13. Кинетическая энергия тела массой 1 кг, брошенного с горизонтальной поверхности Земли, на высоте 3 м равна 20 Дж. Определить полную механическую энергию тела в момент падения на землю. Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальную энергию тела на поверхности Земли принять равной нулю.

- 1) 20 Дж; 2) 50 Дж; 3) 80 Дж; 4) 100 Дж.

14. Шар массой 2 кг, имеющий скорость 6 м/с, абсолютно упруго сталкивается с неподвижным шаром массой 1 кг. Найдите скорость второго шара после удара, считая удар центральным.

- 1) 12 м/с; 2) 5 м/с; 3) 3 м/с; 4) 8 м/с.

15. На гладком полу лежит брусок массой 100 г, соединенный с вертикальной стеной не деформированной пружиной. Ось пружины горизонтальна, ее жесткость 250 Н/м. На брусок начинает действовать постоянная сила 4 Н, направленная вдоль оси пружины. Найдите максимальную скорость (в см/с) бруска

- 1) 120 см/с; 2) 50 см/с; 3) 80 см/с; 4) 90 см/с.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 214 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

16. Пружинный пистолет заряжен шариком массой 5 г. Пружина жесткостью 100 Н/м сжата на 10 см. При выстреле вертикально вверх (без учета сопротивления воздуха), шарик поднимается на высоту, относительно точки вылета из пистолета:

- 1) 10 м; 2) 100 м; 3) 1 м; 4) 5 м.

17. Пружинный пистолет расположен на горизонтальной подставке высотой 2,5 м. Жесткость пружины 180 Н/м, масса снаряда 200 г, перед выстрелом пружина сжата на 5 см. Дальность полета снаряда в горизонтальном направлении равна ($g = 10 \text{ м/с}^2$):

- 1) 1,21 м; 2) 1,03 м; 3) 1,05 м; 4) 1,15 м.

18. Какую работу надо совершить, чтобы по плоскости с углом наклона 30° втащить груз массой 400 кг на высоту 2 м, прикладывая силу, совпадающую по направлению с перемещением? Коэффициент трения 0,3. Каков при этом КПД?

- 1) 10 кДж; 76,7%; 2) 12 кДж; 76,7%; 3) 10 кДж; 66,7%; 4) 12 кДж; 66,7%.

Задачи для самостоятельного решения

1. Если кинетическая энергия тела увеличилась на 300%, то импульс тела увеличился на:

- 1) 50%; 2) 100%; 3) 200%; 4) 300%.

2. Чему равна кинетическая энергия искусственного спутника массой m , вращающегося по круговой орбите на высоте, равной двойному радиусу Земли?

- 1) mgR ; 2) $mgR/6$; 3) $mgR/2$; 4) $2mgR$.

3. Тело массой 2 кг движется по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью 4 м/с. В некоторый момент к телу прикладывается сила, направленная вдоль вектора скорости. Определить кинетическую энергию тела в момент прекращения действия силы, если за время действия сила совершила работу 15 Дж.

- 1) 16; 2) 31; 3) 46; 4) 61.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 215 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

4. При затяжном прыжке парашютист массой 80 кг падает вертикально вниз с постоянной скоростью. Найти работу силы тяжести на участке от отметки 1860 м до отметки 1856 м. Высота отсчитывается от поверхности Земли.

1) 1600; 2) 2300; 3) 2700; 4) 3200.

5. Пружину растянули на 4 см. Насколько необходимо растянуть пружину, чтобы ее энергия увеличилась в 4 раза?

1) 8 см; 2) 6 см; 3) 10 см; 4) 16 см.

6. При сжатии пружины на 1 см была совершена работа 0,4 Дж. Определить коэффициент жесткости пружины.

1) 5000; 2) 6000; 3) 7000; 4) 8000.

7. Найдите работу, которую надо совершить, чтобы сжать пружину на 20 см, если под действием силы 30 Н пружина сжимается на 1 см.

1) 50; 2) 60; 3) 70; 4) 80.

8. Тело брошено под углом к горизонту с высоты 10 м над поверхностью земли со скоростью 20 м/с. Чему будет равна его скорость на высоте 25 м?

1) 4; 2) 6; 3) 8; 4) 10.

9. Тело бросают вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха и принимая $g = 10 \text{ м/с}^2$, определите, на какой высоте, отсчитанной от точки бросания, кинетическая энергия тела будет равной потенциальной:

1) 20,5 м; 2) 22,5 м; 3) 25,5 м; 4) 27,5 м.

10. Тело свободно падает с высоты 5 м. Во сколько раз кинетическая энергия тела больше его потенциальной энергии в точке, находящейся на расстоянии 2 м от поверхности земли?

1) 1,5; 2) 1,7; 3) 2; 4) 2,5.

11. Легкий стержень с грузом массой 0,2 кг на одном конце может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через другой конец. Сначала груз



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 216 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

удерживают в верхнем вертикальном положении, а затем отпускают. Чему равна сила натяжения стержня в том момент, когда он проходит горизонтальное положение.

1) 4 Н; 2) 2 Н; 3) 7 Н; 4) 9 Н.

12. Небольшое тело соскальзывает без трения с вершины неподвижной полусферы радиусом 0,75 м. На какой высоте (в см) тело оторвется от поверхности полусферы? Высота отсчитывается от основания полусферы.

1) 50 см; 2) 10 см; 3) 30 см; 4) 40 см.

13. По наклонной доске, образующей угол 30° с горизонтом, начинает скользить тело массой 2 кг. Сколько теплоты выделилось за счет трения на отрезке пути 1,8 м, если в конце этого отрезка скорость тела равна 3 м/с?

1) 9 Дж; 2) 13 Дж; 3) 7 Дж; 4) 1 Дж.

14. Если человек массой 60 кг лежит в гамаке, то гамак провисает на 10 см. Каково будет провисание гамака, если человек упадет в гамак с высоты 30 м? Деформацию гамака считать упругой, ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$ (размерами человека пренебречь).

1) 0,3; 2) 0,36; 3) 0,64; 4) 0,94.

15. Тело массой 1 кг, брошенное с вышки в горизонтальном направлении со скоростью 20 м/с, через 6 с упало на землю. Определить кинетическую энергию тела в момент удара о землю.

1) 1000; 2) 1500; 3) 2000; 4) 3000.

16. Железнодорожный вагон массой 20 т надвигается на упор со скоростью 0,2 м/с. Обе буферные пружины вагона сжимаются на 4 см каждая. Максимальное значение силы, действующей на каждую пружину, составляет:

1) 5 кН; 2) 3,3 кН; 3) 39 кН; 4) 10 кН.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 217 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Практическое занятие 8. Масса и размеры молекул. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы

1. Масса молекулы воды (молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, кислорода $16 \cdot 10^{-3}$ кг/моль) равна:

1) $1,16 \cdot 10^{-26}$ кг; 2) $1,6 \cdot 10^{-26}$ кг; 3) $3 \cdot 10^{-26}$ кг; 4) $3,2 \cdot 10^{-30}$ кг.

2. Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 5,4 кг?

1) 100 моль; 2) 140 моль; 3) 180 моль; 4) 200 моль.

3. Во сколько раз в 3 г водорода больше молекул, чем в 9 г воды? Молярная масса водорода 2 кг/кмоль, воды 18 кг/кмоль.

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

4. Какова масса (в г) 50 молей кислорода? Молярная масса кислорода 32 кг/кмоль.

1) 1000; 2) 1200; 3) 1400; 4) 1600.

5. В закрытом сосуде находятся равные массы двухатомного водорода и гелия. Определить отношение числа молекул водорода в сосуде к числу молекул гелия.

1) 1; 2) 1,5; 3) 2; 4) 2,5.

6. На деталь, площадь поверхности которой 20 см^2 , нанесен слой серебра толщиной 1 мкм. Сколько атомов серебра содержится в этом слое? Плотность серебра 10500 кг/м^3 , молярная масса 108 кг/кмоль.

1) $0,6 \cdot 10^{20}$; 2) $0,9 \cdot 10^{20}$; 3) $1,2 \cdot 10^{20}$; 4) $1,5 \cdot 10^{20}$.

7. Идеальный газ изобарно нагрели так, что его объем увеличился в 2 раза. Затем этот газ изотермически сжали так, что его давление увеличилось в 3 раза. В результате температура газа:

1) увеличилась в 6 раз; 2) увеличилась в 1,5 раза; 3) уменьшилась в 1,5 раза; 4) увеличилась в 2 раза.

8. Определить первоначальную температуру газа, находящегося в закрытом баллоне, если его давление увеличилось на 0,4% первоначального при нагревании на 1 К.

1) 220 К; 2) 230 К; 3) 240 К; 4) 250 К.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 218 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

9. Резиновую лодку надули утром, когда температура воздуха была 7°C . На сколько процентов увеличилось давление воздуха в лодке, если днем он прогрелся под лучами солнца до 21°C ? Объем лодки не изменился.

1) 5; 2) 10; 3) 15; 4) 20;

10. Если объем некоторой массы газа уменьшить на 10%, а температуру увеличить на 24 К, то давление газа возрастет на 20%. Начальная температура газа составляла:

1) 273 К; 2) 330 К; 3) 300 К; 4) 367 К.

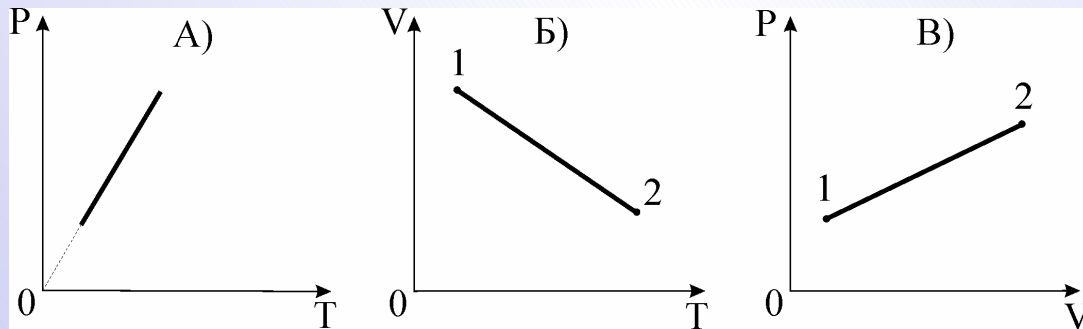
11. Определите массу (в г) водорода, находящегося в баллоне емкостью $0,06\text{ м}^3$ под давлением $8,3 \cdot 10^5\text{ Па}$ при температуре 27°C . Молярная масса водорода 2 кг/кмоль .

1) 25; 2) 30; 3) 35; 4) 40.

12. В баллоне находился некоторый газ. Когда часть газа выпустили, температура газа в баллоне уменьшилась в 3 раза, а давление уменьшилось в 4 раза. Какую часть (в процентах) газа выпустили?

1) 10; 2) 15; 3) 20; 4) 25.

13. На каком из графиков изохорный процесс в идеальном газе? Выберите правильный ответ.



1) А; 2) Б; 3) В; 4) среди ответов нет верного.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



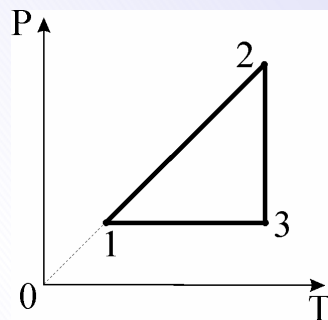
Страница 219 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

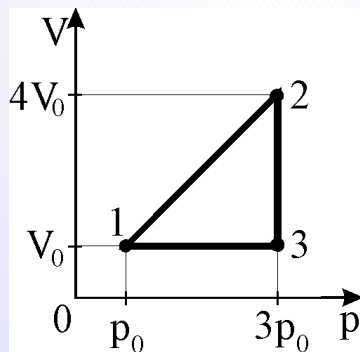
14. На рисунке представлен график зависимости давления данной массы идеального газа от температуры.



Выберите правильное утверждение.

- 1) график 1-2 соответствует изобарному процессу;
- 2) график 2-3 соответствует изотермическому процессу;
- 3) график 3-1 соответствует изохорному процессу;
- 4) среди ответов нет верного.

15. Идеальный газ совершает замкнутый цикл, приведенный на рисунке.



Температура газа уменьшается на участках:

- 1) 1-2; 2) 2-3; 3) 3-1; 4) 2-3 и 3-1.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



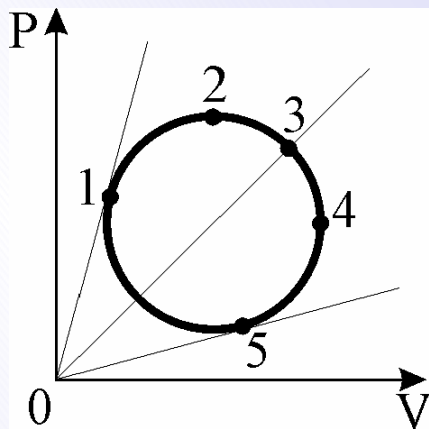
Страница 220 из 300

Назад

На весь экран

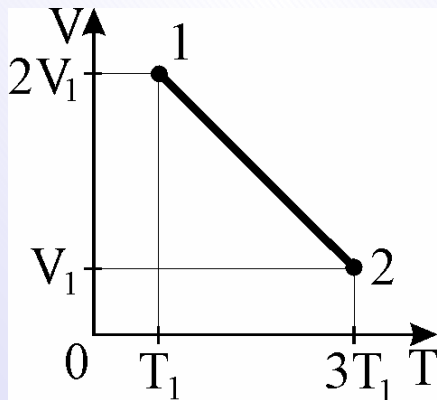
Закрыть

16. Идеальный газ совершает замкнутый цикл, приведенный на рисунке. Температура газа максимальна в точке:



1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

17. Идеальный газ совершает процесс 1-2, приведенный на рисунке.



Как при этом изменилось давление газа?

1) $p_2 = 3p_1$; 2) $p_2 = 6p_1$; 3) $p_2 = 2p_1$; 4) $p_2 = 0,5p_1$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



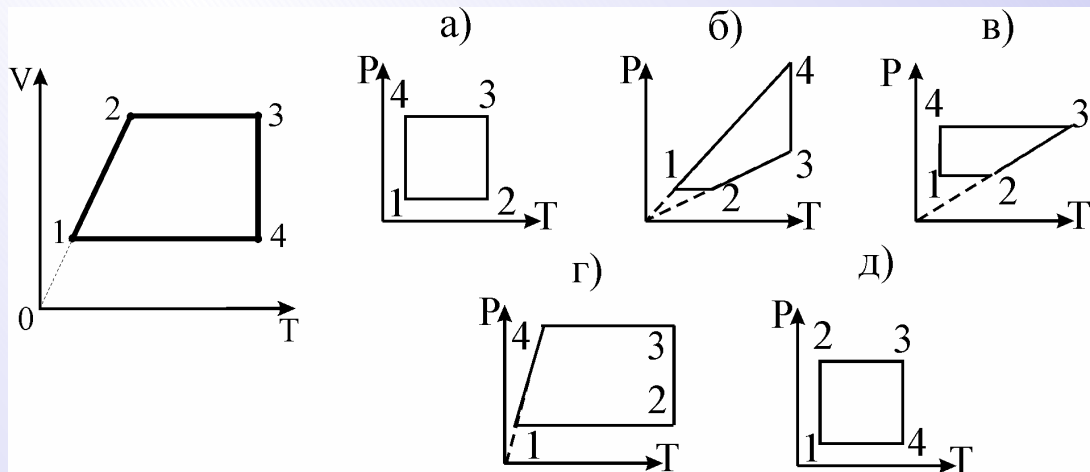
Страница 221 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

18. Постройте график процесса, происходящего с идеальным газом, в координатах V, T . Масса газа постоянная.



1) а); 2) б); 3) в); 4) г).

Задачи для самостоятельного решения

1. Какое количество вещества содержится в теле, состоящем из $1,204 \cdot 10^{24}$ молекул?

1) 1 моль; 2) 2 моля; 3) 3 моля; 4) 4 моля.

2. Сколько молекул содержится в 1 кг водорода (H_2)?

1) $1 \cdot 10^{26}$; 2) $2 \cdot 10^{26}$; 3) $3 \cdot 10^{26}$; 4) $4 \cdot 10^{26}$.

3. Какую массу имеют $2 \cdot 10^{23}$ молекул азота (N_2)?

1) 0,93; 2) 9,3; 3) $9,3 \cdot 10^{-26}$; 4) $9,3 \cdot 10^{-3}$.

4. В $0,036 \text{ м}^3$ содержится 5,1 кмоль углерода. Найти его плотность, если молярная масса углерода равна 12 г/моль.

1) 1500; 2) 1700; 3) 1900; 4) 2100.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 222 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

5. Озеро со средней глубиной 5 м и площадью 4 км² «посолили», бросив кристаллик поваренной соли NaCl массой 10 мг. Спустя очень длительное время из озера зачерпнули стакан воды объемом 200 см³. Сколько ионов натрия из брошенного кристаллика оказалось в этом стакане?

1) 10⁸; 2) 0,5·10⁹; 3) 10⁹; 4) 10¹⁰.

6. Если кислород ($M = 32$ кг/кмоль), содержащийся в баллоне, заменить водородом ($M = 2$ кг/кмоль) такой же массы и при той же температуре, то давление в баллоне:

1) уменьшится в 16 раз; 2) уменьшится в 4 раза; 3) увеличится в 16 раз; 4) увеличится в 4 раза.

7. В барометрической трубке внутри жидкости имеется столбик воздуха, высота которого при 27°C равна 9 см. Определить в сантиметрах высоту столбика воздуха при 47°C.

1) 9,2; 2) 9,4; 3) 9,6; 4) 9,8.

8. Если при изотермическом сжатии идеального газа его плотность увеличилась на 125%, то его давление при этом увеличилось в:

1) 5 раз; 2) 1,25 раза; 3) 2,25 раза; 4) 25 раз.

9. Число молекул газа в единице объема уменьшилось в 2,5 раза. Насколько градусов нагрели при этом газ, если его давление не изменилось? Начальная температура газа 300 К.

1) 350; 2) 400; 3) 450; 4) 500.

10. В баллоне находилось 40 кг газа под давлением 100 МПа. Какую массу газа выпустили из баллона, если давление в нем упало до 20 МПа, а температура уменьшилась в 3 раза?

1) 20; 2) 16; 3) 13,3; 4) 10.

11. Плотность воздуха при нормальных условиях 1,3 кг/м³. Плотность воздуха при температуре 100°C и давлении 0,4 МПа равна:

1) 2,6; 2) 3,2; 3) 3,8; 4) 4,2.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



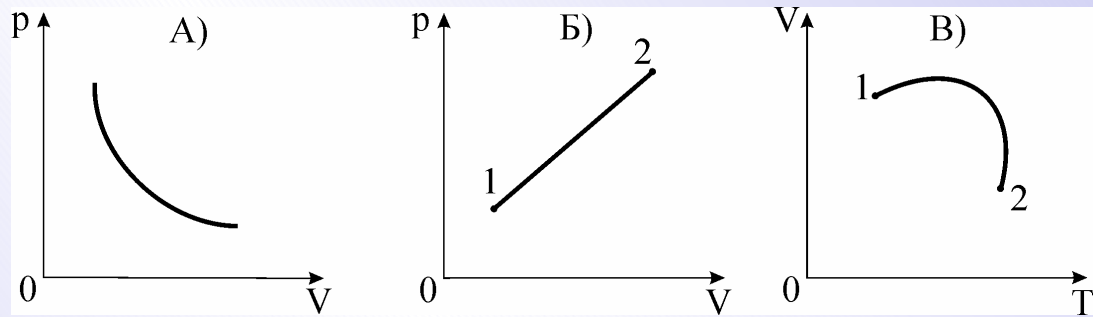
Страница 223 из 300

Назад

На весь экран

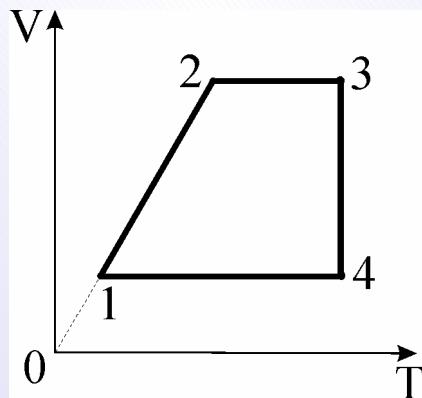
Закрыть

12. На каком из графиков изображен изотермический процесс в идеальном газе? Выберите правильный ответ.



1) А; 2) Б; 3) В; 4) среди ответов нет верного.

13. На рисунке представлен график зависимости объема данной массы идеального газа от температуры. Выберите правильное утверждение.



- 1) график 1-2 соответствует изобарному процессу;
- 2) график 2-3 соответствует изотермическому процессу;
- 3) график 3-1 соответствует изохорному процессу;
- 4) среди ответов нет верного.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



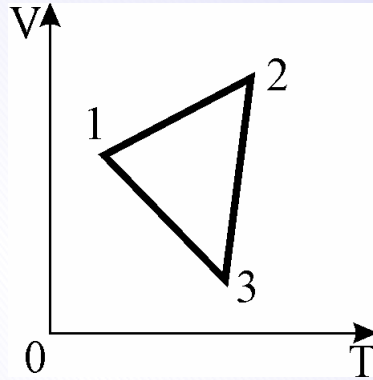
Страница 224 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

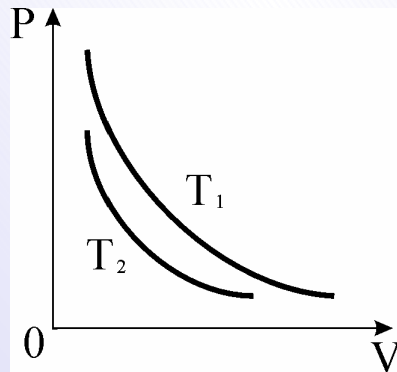
14. Идеальный газ совершает замкнутый цикл, приведенный на рисунке.



Давление газа уменьшается на участках:

- 1) 1-2; 2) 2-3; 3) 3-1; 4) 1-2 и 2-3.

15. На рисунке изображены две изотермы для двух газов. Газы можно считать идеальными.



Сравнить T_1 и T_2 . Массы газов постоянны.

- 1) $T_1 = T_2$; 2) $T_1 < T_2$; 3) $T_1 > T_2$; 4) среди ответов нет верного.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



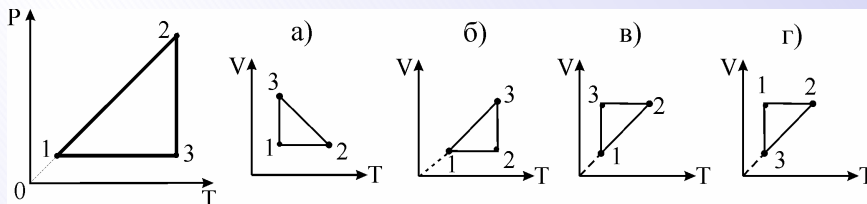
Страница 225 из 300

Назад

На весь экран

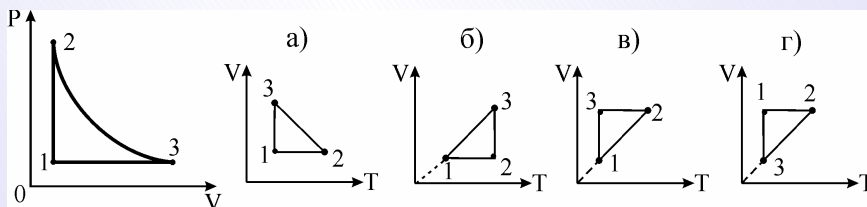
Закрыть

16. Постройте график процесса, происходящего с идеальным газом, в координатах V , T . Масса газа постоянная.



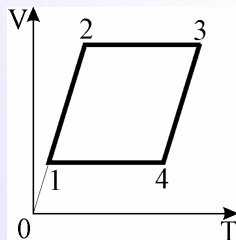
1) а); 2) б); 3) в); 4) г).

17. Постройте график процесса, происходящего с идеальным газом, в координатах p , T . Масса газа постоянная.



1) а); 2) б); 3) в); 4) г).

18. Идеальный газ совершает замкнутый цикл, приведенный на рисунке.



Давление газа увеличивается на участке:

1) 1-2; 2-3; 2) 2-3; 3-4; 3) 3-4; 4) 4-1.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 226 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Практическое занятие 9. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Энергия теплового движения молекул. Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры. Насыщенный и ненасыщенный пар. Зависимость температуры кипения от давления. Влажность воздуха. Свойства жидкости. Механические свойства твердых тел

1. При нагревании идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения молекул увеличилась в 3 раза. Как изменилась при этом абсолютная температура газа? Выберите правильный ответ.

1) увеличилась в 3 раз; 2) уменьшится в 3 раз; 3) увеличилась в 3 раза; 4) увеличилась в 9 раз.

2. Даны два сосуда одинакового объема, в первом находится кислород, во втором – азот. Массы газов и температура в обоих сосудах одинаковы. Отношение давления в первом сосуде к давлению во втором равно:

1) 1,43; 2) 0,875; 3) 1,75; 4) 1,312.

3. Плотность идеального газа в сосуде равна $1,2 \text{ кг/м}^3$. Если средняя квадратичная скорость молекул газа равна 500 м/с , то газ находится под давлением:

1) 10^4 Па ; 2) $2 \cdot 10^4 \text{ Па}$; 3) 10^5 Па ; 4) $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

4. При какой температуре по шкале Кельвина средняя квадратичная скорость молекул криптона равна 830 м/с ? Молярная масса криптона равна 84 г/моль .

1) 1842; 2) 2158; 3) 2251; 4) 2321.

5. Во сколько раз среднеквадратичная скорость движения молекул кислорода меньше среднеквадратичной скорости движения молекул водорода, если температуры этих газов одинаковы?

1) 3; 2) 4; 3) 2; 4) 9.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 227 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

6. При нагревании газа от 600 К до 900 К средняя кинетическая энергия поступательного движения увеличилась на:

- 1) 20%; 2) 30%; 3) 40%; 4) 50%.

7. Какова полная кинетическая энергия поступательного движения 2 моль идеального газа при температуре 27°C?

- 1) 6825; 2) 7042; 3) 7284; 4) 7479.

8. Каково давление углекислого газа (CO_2), если в баллоне объемом 40 л содержится $5 \cdot 10^{24}$ молекул, а средняя квадратичная скорость молекул 400 м/с?

- 1) 360 кПа; 2) 490 кПа; 3) 540 кПа; 4) 600 кПа.

9. Определите относительную влажность воздуха, если при температуре 9,0°C парциальное давление водяного пара в воздухе 1,10 кПа. Давление насыщенного водяного пара 1,15 кПа.

- 1) 96%; 2) 75%; 3) 25%; 4) 86%.

10. В помещении вместимостью $1,0 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ температура и относительная влажность воздуха соответственно 10°C и 40%. Определите массу воды, которую надо испарить в помещении, чтобы при температуре 18°C относительная влажность воздуха повысилась до 60%. Плотность насыщенного пара при 10°C равна 9,4 г/м³, при 18°C – 15,4 г/м³.

- 1) 7 кг; 2) 5,5 кг; 3) 2,5 кг; 4) кг.

11. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде при температуре $t_1 = 5^\circ\text{C}$ равна 84%, а при температуре $t_2 = 22^\circ\text{C}$ равна 30%. Во сколько раз давление насыщенного пара воды при температуре t_2 больше, чем при температуре t_1 ?

- 1) 7; 2) 5; 3) 2; 4) 3.

Задачи для самостоятельного решения

1. Абсолютная температура идеального газа увеличилась в 4 раза, а концентрация молекул осталась неизменной. Как изменилось давление газа?



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 228 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Выберите правильный ответ.

1) давление газа осталось неизменным; 2) давление газа увеличилось в 2 раза; 3) давление газа уменьшилось в 2 раза; 4) давление газа увеличилось в 4 раза.

2. Концентрация молекул идеального газа увеличилась в 4 раза, а средняя энергия поступательного движения молекул уменьшилась в 2 раза, при этом давление газа:

1) уменьшилось в 4 раза; 2) увеличилось в 8 раз; 3) уменьшилось в 2 раза; 4) увеличилось в 2 раза.

3. Скорость молекул азота (молярная масса $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль) при температуре 600 К равна:

1) 1462 м/с; 2) 731 м/с; 3) 365 м/с; 4) 104 м/с.

4. Отношение квадрата средней скорости молекул идеального газа при температуре 360 К к квадрату средней скорости молекул идеального газа при температуре 900 К равно:

1) 0,3; 2) 0,4; 3) 0,63; 4) 0,25.

5. На сколько изменится средняя кинетическая энергия молекул одноатомного газа при увеличении его температуры от $7,0^\circ\text{C}$ до 37°C ?

1) $3,1 \cdot 10^{-25}$ Дж; 2) $4,5 \cdot 10^{-22}$ Дж; 3) $6,2 \cdot 10^{-22}$ Дж; 4) $7,2 \cdot 10^{-23}$ Дж.

6. Если в сосуде вместимостью 1 м³ находится 1,2 кг идеального газа при давлении 10^5 Па, то средняя квадратичная скорость молекул газа равна:

1) 200 м/с; 2) 300 м/с; 3) 400 м/с; 4) 500 м/с.

7. Под каким давлением находится газ в сосуде, если средний квадрат скорости его молекул 10^6 м²/с², концентрация молекул $3 \cdot 10^{25}$ м⁻³, а масса каждой молекулы $5 \cdot 10^{-26}$ кг?

1) $2 \cdot 10^5$; 2) $3 \cdot 10^5$; 3) $4 \cdot 10^5$; 4) $5 \cdot 10^5$.

8. Определите абсолютную влажность воздуха, если при температуре 20°C его относительная влажность 70%, плотность насыщенного водяного пара $17,3$ г/м³.

1) 14 г/м³; 2) 12 г/м³; 3) 15 г/м³; 4) 10 г/м³.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 229 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

9. В закрытой теплице объемом $33,2 \text{ м}^3$ относительная влажность в дневное время при температуре 27°C была равна 75% . Какая масса росы выпадет в теплице ночью, когда температура понизится до 15°C ? Давление насыщенных паров воды при температуре 15°C – $1,7 \text{ кПа}$. Молярная масса воды 18 кг/моль .

1) 223 г ; 2) 187 г ; 3) 265 г ; 4) 114 г .

10. Закрытый сосуд объёмом $0,5 \text{ м}^3$ содержит воду массой $0,5 \text{ кг}$. Сосуд нагрели до температуры 147°C . На сколько следует изменить объём сосуда, чтобы в нём сохранился только насыщенный пар? Давление насыщенного пара p_n при температуре 147°C равно $4,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

1) $0,3 \text{ м}^3$; 2) $0,5 \text{ м}^3$; 3) $0,7 \text{ м}^3$; 4) $0,1 \text{ м}^3$.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 230 из 300

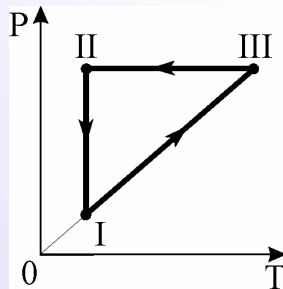
Назад

На весь экран

Закрыть

Практическое занятие 10. Внутренняя энергия идеального газа. Работа и количество теплоты. Уравнение теплового баланса. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам. Циклические процессы. Тепловые двигатели. КПД теплового двигателя

1. На рисунке изображен замкнутый цикл в идеальном газе.



Внутренняя энергия газа возрастала на участке цикла:

1) II-I; 2) III-II; 3) I-III; 4) на всех участках.

2. Если при остывании 3 кг вещества на 2 К выделилось 2340 Дж теплоты, то удельная теплоемкость вещества составляет:

- 1) 347 Дж/кг; 2) 390 Дж/кг; 3) 293 Дж/кг; 4) 3510 Дж/кг.

3. Удельная теплоемкость никеля в 2 раза больше удельной теплоемкости олова. Во сколько раз количество теплоты, необходимого для нагревания 2 кг никеля на 5 К, больше количества теплоты, необходимого для нагревания 5 кг олова на 2 К?

- 1) 1,5; 2) 2; 3) 2,5; 4) 3.

4. Во сколько раз больше теплоты необходимо для плавления льда при температуре 0°C, чем для нагревания такого же количества льда на 1°C?

- 1) 159; 2) 2; 3) 79; 4) 330.

5. Смешали 39 л воды при температуре 20°C и 21 л при температуре 60°C. Определить температуру смеси.

- 1) 28; 2) 32; 3) 34; 4) 38.

6. Вода массой 150 г, налитая в медный калориметр массой 200 г, имеет температуру 12°C. Найти температуру, которая установится в калориметре, если в воду опустить железную гирию массой 0,5 кг, нагретую до 100°C.

- 1) 26; 2) 30; 3) 34; 4) 40.

7. Две одинаковые пули ударяются о стенку. Первая пуля нагревается на 0,5 К, вторая на 8 К. Во сколько раз скорость второй пули больше, чем первой, если вся энергия пуль расходуется на их нагревание?

- 1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 5.

8. Температура плавления железа 1800 К, его удельная теплоемкость 460 Дж/кг·К, а удельная теплота плавления $3 \cdot 10^5$ Дж/кг. Железный метеорит влетает в атмосферу Земли со скоростью $1,5 \cdot 10^3$ м/с, имея температуру 300 К. Восемьдесят процентов кинетической энергии метеорита при движении в атмосфере переходит в его внутреннюю энергию. Какая часть массы метеорита (в %) расплавится?

- 1) 55%; 2) 60%; 3) 65%; 4) 70%.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 231 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

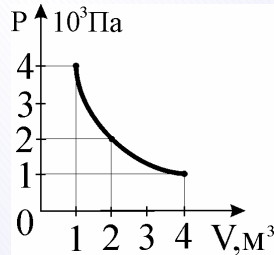
9. Реактивный самолет летит со скоростью 1800 м/с и развивает силу тяги 88 кН. КПД его двигателя равен 20%. Определите массу керосина, израсходованного за 1 с полета самолета. Удельная теплота сгорания керосина равна 44 МДж/кг.

1) 20; 2) 18; 3) 16; 4) 14.

10. Газу сообщили 100 Дж теплоты и совершили над ним работу, равную 400 Дж. Внутренняя энергия газа при этом:

1) увеличилась на 300 Дж; 2) уменьшилась на 300 Дж; 3) уменьшилась на 500 Дж; 4) увеличилась на 500 Дж.

11. На рисунке показан процесс изменения состояния идеального газа. Какую работу совершил газ, если ему сообщили в этом процессе $6 \cdot 10^3$ Дж теплоты?



1) 2000 Дж; 2) 4000 Дж; 3) 6000 Дж; 4) 8000 Дж.

12. Кислород массой 0,3 кг при температуре $T = 320$ К охладил изохорно, вследствие чего его давление уменьшилось в 3 раза. Затем газ изобарно расширили так, что температура его стала равна первоначальной. Какую работу совершил газ? Как изменилась его внутренняя энергия?

1) 12 кДж; $\Delta U > 0$; 2) 12 кДж; $\Delta U = 0$; 3) 17 кДж; $\Delta U > 0$; 4) 17 кДж; $\Delta U = 0$.

13. В изотермическом процессе газ получил 200 Дж теплоты. После этого в адиабатическом процессе газ совершил работу в два раза большую, чем в первом процессе. На сколько уменьшилась внутренняя энергия газа в результате этих двух процессов?

1) 300; 2) 400; 3) 500; 4) 600.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



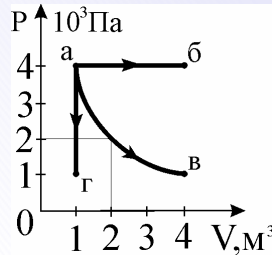
Страница 232 из 300

Назад

На весь экран

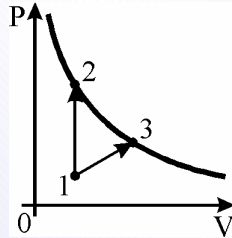
Закрыть

14. На рисунке показаны различные процессы изменения состояния в идеальном газе. В каком процессе совершается большая работа? Чему она равна?



- 1) $74 \cdot 10^3$ Дж; 2) $88 \cdot 10^3$ Дж; 3) $10 \cdot 10^3$ Дж; 4) $12 \cdot 10^3$ Дж.

15. Над одноатомным газом совершают два тепловых процесса, нагревая его из одного и того же начального состояния 1 до одинаковой конечной температуры (точки 2 и 3 лежат на одной изотерме). При каком из процессов газу сообщили большее количество теплоты?



- 1) 1-2; 2) 1-3; 3) одинаковое; 4) ответ зависит от разности давлений $p_2 - p_3$.

16. КПД идеальной машины 25%. Какова температура нагревателя, если температура холодильника 22°C ?

- 1) 393 К; 2) 402 К; 3) 413 К; 4) 430 К.

17. Температура нагревателя теплового двигателя 160°C , холодильника 20°C . Работа, которую совершает двигатель за счет каждого килоджоуля энергии, полученного от нагревателя, равна:

- 1) 89; 2) 125; 3) 214; 4) 323.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 233 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

18. Рабочее тело идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, получает от нагревателя с температурой 273°C количество теплоты 80 кДж. Роль холодильника играет окружающий воздух, температура которого 0°C . На какую максимальную высоту эта машина может поднять груз массой 400 кг?

1) 4; 2) 6; 3) 8; 4) 10.

Задачи для самостоятельного решения

1. При увеличении объема одноатомного газа в $3,6$ раза его давление увеличилось на 20% . Внутренняя энергия газа при этом:

1) уменьшилась в 3 раза; 2) увеличилась в $3,6$ раза; 3) уменьшилась в $7,2$ раза; 4) увеличилась в $4,32$ раза.

2. Для нагревания $0,1$ кг жидкости на 30 К затрачено $12,45$ кДж теплоты. Определить по этим данным удельную теплоемкость жидкости.

1) 3650; 2) 3800; 3) 4050; 4) 4150.

3. При сверлении металла ручной дрелью сверло массой $0,05$ кг нагрелось на 20°C за 200 с непрерывной работы. Средняя мощность, потребляемая дрелью от сети при сверлении, равна 10 Вт. Сколько процентов затраченной энергии пошло на нагревание сверла, если удельная теплоемкость материала сверла 460 Дж/(кг·К)?

1) 17; 2) 19; 3) 21; 4) 23.

4. В кипяльнике мощностью 1000 Вт и КПД 70% находится 1 кг воды при температуре 273 К. Сколько минут должен работать кипяльник, чтобы вода закипела? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К), температура кипения 373 К.

1) 5; 2) 10; 3) 15; 4) 20.

5. Смешали 6 кг воды при 42°C , 4 кг воды при 72°C и 20 кг воды при 18°C . Определите температуру смеси.

1) 30; 2) 32; 3) 34; 4) 27.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 234 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

6. В железном калориметре массой 100 г находится 500 г воды при температуре 15°C . В калориметр бросают свинец и алюминий общей массой 150 г при температуре 100°C . Если в результате температура воды поднимается до 17°C , то количество свинца составило:

1) 92 г; 2) 46 г; 3) 126 г; 4) 104 г.

7. Найти высоту, на которой потенциальная энергия груза массой 1000 кг равна количеству теплоты, выделившейся при остывании воды массой 0,2 кг на 50 К. Удельная теплоемкость воды равна $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.

1) 3,2; 2) 3,7; 3) 4,2; 4) 4,7.

8. Чтобы падающая капля воды при отсутствии силы сопротивления воздуха при ударе о землю нагрелась на 1°C , она должна упасть с высоты:

1) 213 м; 2) 319 м; 3) 426 м; 4) 535 м.

9. Количество теплоты, выделяемое при конденсации 1 кг пара при температуре 100°C и охлаждения получившейся воды до 0°C , затрачивается на таяние некоторого количества льда, температура которого 0°C . Определите массу растаявшего льда. Удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, удельная теплота парообразования воды $2,22 \text{ МДж}/\text{кг}$, удельная теплота плавления льда $330 \text{ кДж}/\text{кг}$.

1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 8.

10. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 800 моль, на 500 К ему сообщили количество теплоты 9,4 МДж. Определить работу газа и приращение его внутренней энергии.

1) 5,1 МДж; 6,1 МДж; 2) 5,1 МДж; 8,5 МДж; 3) 3,3 МДж; 8,5 МДж; 4) 3,3 МДж; 6,1 МДж.

11. Какая часть (в процентах) теплоты, полученной идеальным одноатомным газом при изобарном нагревании, расходуется на увеличение его внутренней энергии?

1) 40; 2) 50; 3) 60; 4) 70.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



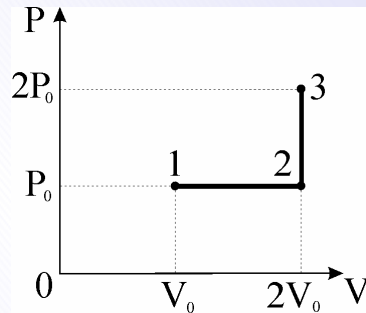
Страница 235 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

12. Определить количество теплоты, необходимое для перевода одного моля одноатомного идеального газа из состояния 1 в состояние 3. В состоянии 1 температура газа $T_1 = 300$ К.

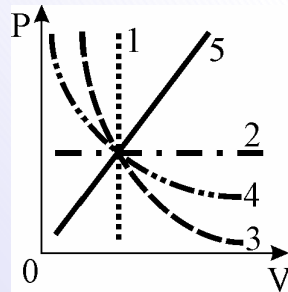


1) 6,3 кДж; 2) 8,1 кДж; 3) 11,5 кДж; 4) 13,7 кДж.

13. Некоторое количество идеального одноатомного газа изохорно нагрели, сообщив ему 150 Дж теплоты. Затем газ изобарно охладили до первоначальной температуры. Сколько теплоты было отобрано у газа при изобарном охлаждении?

1) 100; 2) 150; 3) 200; 4) 250.

14. На рисунке представлены изотерма, изохора, изобара и адиабата идеального газа.



При этом изотерма изображена линией:

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 236 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

15. КПД идеального теплового двигателя 35%. Газ получил от нагревателя 70 кДж теплоты. Какое количество теплоты отдано холодильнику?

- 1) 30 кДж; 2) 37,5 кДж; 3) 45,5 кДж; 4) 52 кДж.

16. Идеальная тепловая машина совершает за цикл работу 10^3 Дж. Если ее максимальный КПД составляет 40%, то количество теплоты, которое отдает машина за цикл холодильнику, равно:

- 1) 1 кДж; 2) 1,5 кДж; 3) 2,5 кДж; 4) 5 кДж.

17. Температура пара, поступающего в турбину, 227°C , а температура холодильника 30°C . Определите КПД турбины и количество теплоты, получаемой от нагревателя каждую секунду, если за это же время бесполезно теряется 12 кДж энергии.

- 1) 30%; $1 \cdot 10^4$; 2) 30%; $2 \cdot 10^4$; 3) 40%; $1 \cdot 10^4$; 4) 40%; $2 \cdot 10^4$.

18. Коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины равен 20%. Насколько процентов возрастет коэффициент полезного действия, если на 20% уменьшить температуру холодильника, не меняя температуру нагревателя?

- 1) 10; 2) 13; 3) 16; 4) 22.

Практическое занятие 11. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей. Работа сил электростатического поля. Потенциал и разность потенциалов. Связь между напряжением и напряженностью однородного электростатического поля. Электроемкость. Емкость плоского конденсатора. Энергия электростатического поля заряженного конденсатора

1. От водяной капли с зарядом 1 нКл отделилась капля с электрическим зарядом -1 нКл. Определить в нанокюлонах заряд оставшейся капли.

- 1) 1; 2) -1 ; 3) 2; 4) -2 .



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 237 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

2. Эбонитовую палочку наэлектризовали, и ее заряд стал равным $-3,2 \cdot 10^{-9}$ Кл. Масса эбонитовой палочки:

1) увеличилась на $3,6 \cdot 10^{-20}$ кг; 2) уменьшилась на $3,6 \cdot 10^{-20}$ кг; 3) увеличилась на $1,8 \cdot 10^{-20}$ кг; 4) уменьшилась на $1,8 \cdot 10^{-20}$ кг.

3. Два одинаковых по размеру металлических шарика несут заряды 7 мкКл и -3 мкКл. Шарик привели в соприкосновение и развели на некоторое расстояние, после чего сила их взаимодействия оказалась равна 40 Н. Определите это расстояние (в см).

1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 8.

4. Во сколько раз уменьшится сила взаимодействия двух одинаковых точечных зарядов, если каждый заряд уменьшить в 2 раза и перенести их из вакуума в среду с относительной диэлектрической проницаемостью, равной 2,5? Расстояние между зарядами не меняется.

1) 10; 2) 15; 3) 20; 4) 25.

5. Вокруг точечного заряда 5 нКл по окружности радиусом 3 см вращается с угловой скоростью 5 рад/с маленький отрицательно заряженный шарик. Найдите отношение заряда шарика к его массе (в мкКл/кг). $k = 9 \cdot 10^9$ м/Ф. Силу тяжести не учитывать.

1) 10; 2) 15; 3) 20; 4) 25.

6. Два заряженных одинаковых маленьких шарика подвешены на длинных непроводящих нитях и находятся в керосине. Определить относительную диэлектрическую проницаемость керосина, если в воздухе нити расходятся на такой же угол, как и в керосине. Плотность керосина 800 кг/м³, плотность шариков 1600 кг/м³.

1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 8.

7. Точечные заряды $+q$ и $+9q$ расположены на расстоянии l друг от друга. Какой заряд нужно взять и на каком расстоянии поместить от первого заряда, чтобы вся система находилась в равновесии?

1) $\frac{9q}{16}; \frac{l}{4}$; 2) $\frac{-q}{2}; \frac{l}{4}$; 3) $\frac{-q}{4}; \frac{l}{4}$; 4) $-\frac{9q}{16}; \frac{l}{4}$.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 238 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

8. Одноименные точечные заряды $q_1 = q_2 = q_3 = q$ расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной a . Сила, действующая в вакууме на каждый заряд, равна:

1) $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$; 2) $\frac{q^2\sqrt{3}}{8\pi\epsilon_0 a^2}$; 3) $\frac{q^2\sqrt{3}}{4\pi\epsilon_0 a^2}$; 4) $\frac{q^2\sqrt{3}}{2\pi\epsilon_0 a^2}$.

9. С каким максимальным по значению ускорением может двигаться тело массой 10 г и зарядом 1 мкКл вблизи поверхности Земли под действием сил тяготения и силы со стороны однородного электрического поля с напряженностью 10 кВ/м?

1) 5; 2) 11; 3) 14; 4) 18.

10. Протон, заряд которого q , а масса m , влетает со скоростью v_0 в однородное электрическое поле, напряженность которого E . Направление скорости протона противоположно направлению силовых линий поля. Сколько времени пройдет до остановки протона.

1) $\frac{mv_0^2}{qE}$; 2) $\frac{mv_0^2}{2qE}$; 3) $\frac{mv_0}{qE}$; 4) $\frac{mv_0}{2qE}$.

11. В однородном электрическом поле, силовые линии напряженности которого направлены горизонтально, на шелковой невесомой нити подвешен маленький шарик массой m с зарядом q . Нить с шариком отклонилась от вертикали на угол α . Напряженность электрического поля в вакууме равна:

1) $\frac{mg \sin \alpha}{q}$; 2) $\frac{mg \operatorname{tg} \alpha}{q}$; 3) $\frac{mg \operatorname{ctg} \alpha}{q}$; 4) $\frac{mgq}{\sin \alpha}$.

12. В вершинах квадрата со стороной 10 см расположены три положительных заряда по 10^{-11} Кл каждый и один отрицательный $2 \cdot 10^{-11}$ Кл. Определите напряженность поля в центре квадрата.

1) 23; 2) 54; 3) 75; 4) 89.

13. Одноименные заряды величиной по 2 мкКл находятся в вершинах куба объемом 1 м^3 . Определить модуль напряженности электрического поля в центре куба.

1) 0; 2) 4; 3) 8; 4) 12.

14. В двух противоположных вершинах квадрата со стороной 30 см находятся заряды 200 нКл каждый. Найдите потенциал (в кВ) в двух других вершинах квадрата.

1) 6; 2) 12; 3) 18; 4) 24.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



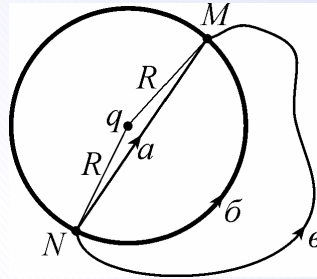
Страница 239 из 300

Назад

На весь экран

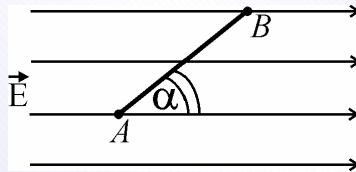
Закрыть

15. Неподвижный точечный заряд q создает электрическое поле, в котором перемещается точечный заряд q_1 из точки N в точку M , лежащие на одной окружности. Работа, совершаемая полем, при перемещении заряда q_1 :



1) максимальна по траектории a ; 2) минимальна по траектории a ; 3) одинакова по всем траекториям; 4) одинакова по всем траекториям и равна 0.

16. Каково напряжение между точками A и B , если $AB = 8$ см, $\alpha = 30^\circ$, напряженность поля 50 кВ/м?



1) $-3,6$ кВ; 2) $1,75$ кВ; 3) 4 кВ; 4) $3,5$ кВ.

17. Определить кинетическую энергию заряда $1,41$ Кл, который из состояния покоя прошел разность потенциалов 500 В.

1) 170 ; 2) 380 ; 3) 505 ; 4) 705 .

18. Между горизонтальными пластинами плоского конденсатора на пластмассовой пружине подвешен заряженный шарик. Когда конденсатор присоединяют к источнику напряжения с ЭДС 500 В, пружина растягивается на 1 см. Найдите заряд (в мКл) шарика, если жесткость пружины 10 Н/м, а расстояние между пластинами конденсатора 20 см.

1) 10 ; 2) 20 ; 3) 30 ; 4) 40 .



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 240 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

19. Определить в микрокулонах величину заряда, приходящегося на 1 м^2 пластины конденсатора, если напряженность поля в плоском воздушном конденсаторе равна 450 кВ/м .

1) 1,35; 2) 2,70; 3) 4,05; 4) 8,1.

20. В конденсаторе переменной емкости площадь пластин может меняться от $1,5 \text{ см}^2$ до $4,5 \text{ см}^2$ при неизменном расстоянии между пластинами. Во сколько раз наибольшее значение емкости конденсатора больше наименьшего?

1) 1; 2) 3; 3) 9; 4) 27.

21. С какой силой притягиваются пластины конденсатора, если его энергия равна $0,1 \text{ Дж}$, а расстояние между пластинами 4 мм ?

1) 20; 2) 25; 3) 50; 4) 100.

Задачи для самостоятельного решения

1. Два одинаковых металлических шарика с зарядами -3 мкКл и 8 мкКл на короткое время соединяются тонкой провололочкой. Определить в микрокулонах величину заряда одного из шариков после того, как уберут провололочку.

1) $-2,5$; 2) $2,5$; 3) 7 ; 4) -11 .

2. Две небольшие частицы с одинаковыми зарядами на расстоянии 18 км в вакууме отталкиваются с силой, равной то модулю $0,001 \text{ Н}$. Определить милликулонах значение зарядов частиц.

1) 3; 2) 6; 3) 10; 4) 12.

3. Два положительных точечных заряда взаимодействуют в керосине с силой 2 Н . Один заряд больше другого в 9 раз. Расстояние между зарядами 1 м . Диэлектрическая проницаемость керосина $2,1$. Величина большего заряда равна:

1) $0,5 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$; 2) $4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$; 3) $3 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$; 4) $6 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 241 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

4. Маленький шарик массой m и зарядом q подвешен на нити. Снизу к нему подносят одноименный и увеличенный в 3 раза заряд. Сила натяжения нити уменьшилась при этом в 9 раз. Расстояние между зарядами q и $3q$ равно:

1) $\frac{3\sqrt{3}q}{4\sqrt{2\pi\varepsilon_0 mg}}$; 2) $\frac{3\sqrt{3}q}{4\sqrt{\pi\varepsilon_0 mg}}$; 3) $\frac{3q}{4\sqrt{2\pi\varepsilon_0 mg}}$; 4) $\frac{3\sqrt{3}q}{\sqrt{2\pi\varepsilon_0 mg}}$.

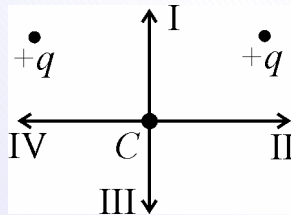
5. Два одинаковых маленьких шарика массой 80 г каждый подвешены к одной точке на нитях длиной 30 см. Какой заряд (в мкКл) надо сообщить каждому шарiku, чтобы нити разошлись под прямым углом друг к другу?

1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 8.

6. Два одинаковых положительных заряда находятся на некотором расстоянии друг от друга. Во сколько раз увеличивается сила, действующая на один из зарядов, если на середину прямой, соединяющей заряды, поместить третий, такой же по знаку, но вдвое больший по величине заряд?

1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 9.

7. Какое направление имеет вектор кулоновской силы, действующей на положительный заряд, помещенный в точку С?



1) I; 2) II; 3) III; 4) IV.

8. Четыре одинаковых точечных заряда по 10 нКл каждый расположены в вершинах квадрата со стороной 3 мм. Найдите силу (в мН), действующую со стороны трех зарядов на четвертый.

1) 120; 2) 190; 3) 250; 4) 300.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 242 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

9. В однородном электрическом поле напряженностью 20 кВ/м, вектор которой направлен вертикально вниз, на шелковой нити висит шарик массой 0,1 кг с зарядом 0,2 мКл. Найдите силу натяжения нити.

1) 5; 2) 10; 3) 15; 4) 20.

10. Шарик массой 4,5 г с зарядом 0,1 мкКл помещен в масло плотностью 800 кг/м³. Плотность материала шарика 1500 кг/м³. Определите напряженность электрического поля (в кВ/м), в которое следует поместить шарик, чтобы он находился в равновесии. $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) 140; 2) 170; 3) 210; 4) 250.

11. Два разноименных точечных заряда одинаковой величины 4 нКл находятся на расстоянии 60 см друг от друга. Найдите напряженность поля в точке, которая находится на середине отрезка, соединяющего заряды.

1) 150; 2) 200; 3) 350; 4) 800.

12. Точечные заряды 50 нКл и 32 нКл находятся на расстоянии 9 см друг от друга. Найдите напряженность поля (в кВ/м) в точке, отстоящей на 5 см от первого заряда и на 6 см от второго заряда.

1) 150; 2) 200; 3) 220; 4) 350.

13. Потенциал точечного заряда на некотором расстоянии от заряда равен 120 В. Определить потенциал поля в точке, лежащей на втрое меньшем расстоянии от заряда.

1) 40; 2) 120; 3) 360; 4) 1080.

14. В двух вершинах равностороннего треугольника со стороной 0,5 м расположены два одинаковых положительных заряда по 1 мкКл. Найти потенциал и напряженность электрического поля в третьей вершине треугольника.

1) 36 кВ; 62 кВ/м; 2) 72 кВ; 288 кВ/м; 3) 0 кВ; 288 кВ/м; 4) 0 кВ; 0 кВ/м.

15. Какую работу в микроджоулях совершает однородное электрическое поле напряженностью 100 В/м при перемещении заряда 2 мкКл на 2 см в направлении, составляющем угол 60° с направлением силовых линий?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 243 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

16. Два точечных заряда 3,2 мкКл и 8 мкКл находятся в вакууме на расстоянии 72 см. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния 32 см?

1) 0,1; 2) 0,4; 3) 1,2; 4) 2,4.

17. Две частицы массой 2 мг с зарядом 10 нКл каждая находятся на расстоянии 5 см друг от друга, а посередине между ними закреплен точечный заряд 60 нКл. Частицы одновременно отпускают. Чему будет равна скорость частиц после их разлета на большое расстояние?

1) 10; 2) 15; 3) 25; 4) 33.

18. Какова емкость конденсатора, если площадь каждой пластины 10^{-2} м², а расстояние между ними $0,5 \cdot 10^{-2}$ м?

1) 9,95 мкФ; 2) 19,9 мкФ; 3) 995 пФ; 4) 17,7 пФ.

19. Во сколько раз заряд конденсатора емкостью 4 мкФ меньше заряда конденсатора емкостью 6 мкФ при одинаковом напряжении на обкладках?

1) 1; 2) 1,5; 3) 2,25; 4) 4.

20. Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин. Во сколько раз возрастет емкость конденсатора при увеличении диаметра пластин вдвое? Расстояние между пластинами не меняется.

1) 1; 2) 2; 3) 4; 4) 8,25.

21. Плоский воздушный конденсатор емкостью 6 мкФ заряжен до напряжения 200 В и отключен от источника. Пластины медленно раздвигают, увеличивая расстояние между ними в 4 раза. Какую работу (в мДж) при этом совершают?

1) 250; 2) 360; 3) 400; 4) 500.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 244 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Практическое занятие 12. Постоянный электрический ток. Сила тока. Электродвижущая сила. Напряжение. Электрическое сопротивление. Закон Ома для однородного участка электрической цепи.

Последовательное и параллельное соединение проводников. Закон Ома для полной электрической цепи. Работа и мощность тока. Закон Джоуля–Ленца. Коэффициент полезного действия источника тока

1. Найти значение заряда, проходящего через поперечное сечение проводника за 3 минуты, если сила тока в проводнике равна 0,1 А.

1) 12; 2) 18; 3) 24; 4) 36.

2. Удельное сопротивление материала проводника $3 \cdot 10^{-4}$ Ом·м. Определить сопротивление проводника длиной 10 м и площадью поперечного сечения 1 мм^2 ?

1) 30; 2) 300; 3) 3000; 4) 30000.

3. Какой заряд пройдет через поперечное сечение проводника за время от 5 до 10 с от момента включения тока, если сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I = 6 + 3t$.

1) 55; 2) 87,5; 3) 100; 4) 142,5.

4. В электрическую цепь включен резистор сопротивлением 20 Ом. Напряжение на резисторе 50 В. Заряд, который проходит через поперечное сечение проводника за 1 мин, равен:

1) 30; 2) 100; 3) 2,5; 4) 150.

5. В результате нагрева нити накала сила тока, протекающего через лампочку, уменьшилась на 20%. Во сколько возросло сопротивление нити накала, если падение напряжения на лампочке осталось неизменным?

1) 0,8; 2) 1,2; 3) 1,25; 4) 1,44.

6. Участок цепи состоит из 3 проводников сопротивлением 1 Ом, 2 Ом и 3 Ом, включенных последовательно. Найти падение напряжения на участке цепи, если сила тока в проводнике сопротивлением 1 Ом равна 2 А.

1) 4; 2) 8; 3) 12; 4) 16.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 245 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

7. Тридцать одинаковых лампочек, соединенных параллельно, подключены к источнику тока напряжением 220 В. Сопротивление одной лампочки равно 1200 Ом. Сила тока, потребляемого схемой, равна:

1) 8 А; 2) 5,5 А; 3) 10 А; 4) 4 А.

8. Во сколько раз сопротивление цепи, составленной из равных 25 резисторов, включенных последовательно, больше сопротивления цепи, полученной параллельным включением этих резисторов.

1) 5; 2) 25; 3) 125; 4) 625.

9. Две одинаковые лампы и добавочное сопротивление 3 Ом соединены последовательно и включены в сеть с напряжением 110 В. Найдите силу тока в цепи, если напряжение на каждой лампе 40 В.

1) 4; 2) 6; 3) 8; 4) 10.

10. Вольтметр, рассчитанный на измерение напряжений до 2 В, необходимо включить в сеть с напряжением 12 В. Какое для этого потребуется дополнительное сопротивление, если сила тока в вольтметре не должна превышать 0,05 А?

1) 50; 2) 100; 3) 200; 4) 300.

11. В проводнике сопротивлением 6 Ом за 3 с выделяется 72 Дж теплоты. Найти силу тока в проводнике.

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

12. Электросчетчик показал, что расход энергии за 10 мин составил 0,3 кВт·часа. Найти силу тока в подводящих электроэнергию проводах, если напряжение сети равно 200 В.

1) 9; 2) 12; 3) 15; 4) 18.

13. Нагреватель сопротивлением 640 Ом за 1 ч вскипятит 4,2 кг воды, взятой при 293 К. Определить заряд, прошедший через нагреватель. Удельная теплоемкость воды равна 4200 Дж/(К·кг), КПД нагревателя 80 %, а ток в цепи постоянный.

1) 1600; 2) 2500; 3) 3150; 4) 4000.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 246 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

14. Номинальные мощности двух лампочек одинаковы, а номинальные напряжения 120 и 240 В. Во сколько раз сопротивление второй лампы больше, чем первой?
1) 1; 2) 2; 3) 4; 4) 16.

15. Два резистора сопротивлением 2 Ом и 5 Ом соединены последовательно и включены в сеть постоянного напряжения. Какая мощность выделяется на резисторе 5 Ом, если на резисторе 2 Ом выделяется мощность 30 Вт?
1) 12,5; 2) 15; 3) 25; 4) 75.

16. Два проводника соединены параллельно и подключены к сети постоянного напряжения. Длина первого проводника в 3 раза больше, а площадь его поперечного сечения в 9 раз больше, чем второго. В проводниках выделяется одинаковая мощность. Во сколько раз удельное сопротивление первого проводника больше, чем второго?
1) 1; 2) 3; 3) 9; 4) 27.

17. Электрический чайник имеет две обмотки. При включении только первой из них вода закипает через 40 мин, только второй — через 60 мин. Через сколько минут закипит вода при одновременном включении обеих обмоток последовательно?
1) 20; 2) 50; 3) 75; 4) 100.

18. При подключении источника тока с ЭДС 15 В к некоторому сопротивлению напряжение на полюсах источника оказывается 9 В, а сила тока в цепи 1,5 А. Найдите внутреннее сопротивление источника.
1) 4; 2) 5; 3) 6; 4) 7.

19. Источник тока замкнут проводником, сопротивление которого 10 Ом. Напряжение на проводнике равно 12 В. Если этот проводник заменить другим, сопротивление которого 5 Ом, то сила тока в цепи окажется равной 2 А. ЭДС источника тока равна:

1) 13 В; 2) 14 В; 3) 15 В; 4) 18 В.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 247 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

20. Источник тока с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом питает три параллельно соединенных сопротивления по 6 Ом каждое. Определите напряжение на одном сопротивлении.

- 1) 5; 2) 6; 3) 7; 4) 8.

21. Батарея элементов с внутренним сопротивлением 3 Ом замкнута на два одинаковых параллельно соединенных резистора. Идеальный вольтметр, подключенный к зажимам батареи, показывает напряжение 4 В. Если один из резисторов отключить, то показание вольтметра возрастет до 6 В. Сопротивления резисторов равны:

- 1) 1 Ом; 2) 1,5 Ом; 3) 2 Ом; 4) 3 Ом.

22. Амперметр с внутренним сопротивлением 2 Ом, подключенный к зажимам батареи, показывает силу тока 5 А. Вольтметр с внутренним сопротивлением 150 Ом, подключенный к зажимам такой же батареи, показывает 12 В. Найдите силу тока (в мА) короткого замыкания батареи.

- 1) 15600; 2) 29600; 3) 32000; 4) 43200.

Задачи для самостоятельного решения

1. Две проволоки – медная и алюминиевая – имеют одинаковые массы. Длина медной проволоки в 10 раз больше длины алюминиевой. Во сколько раз больше сопротивление медной проволоки? Плотность меди в 3,3 раза больше, чем плотность алюминия, а удельное сопротивление в 1,65 раза меньше.

- 1) 10; 2) 50; 3) 100; 4) 200.

2. В проводнике на единицу площади поперечного сечения приходится ток силой 10 А. Найти заряд, прошедший за час через поперечное сечение проводника, если площадь сечения равна 2 см².

- 1) 1,8; 2) 3,6; 3) 7,2; 4) 9.

3. По резистору сопротивлением 7 Ом протекает электрический ток силой 24 А. Определить падение напряжения на этом резисторе.

- 1) 0,32; 2) 3,4; 3) 154; 4) 168.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 248 из 300

Назад

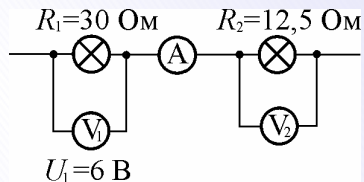
На весь экран

Закрыть

4. Найдите напряжение на проволоке длиной 100 м при силе тока в ней 2 А. Сечение проволоки имеет форму квадрата со стороной 3 мм, её удельное сопротивление $9 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

5. Каковы показания амперметра A и вольтметра V_2 ?



1) 5 А, 62,5 В; 2) 5 А, 2,5 В; 3) 2,5 А, 42,5 В; 4) 0,2 А, 2,5 В.

6. Первый проводник имеет сопротивление 1 Ом, второй — 5 Ом. При параллельном соединении проводников во втором из них течет ток, равный 0,2 А. Найти падение напряжения на первом проводнике.

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

7. Длинный медный провод сопротивлением 9 Ом разрезали на три части и свили вместе. Какое при этом получилось сопротивление провода?

1) 1 Ом; 2) 3 Ом; 3) 9 Ом; 4) 27 Ом.

8. Два резистора сопротивлением 12 Ом и 4 Ом соединены параллельно. Последовательно к ним включен резистор 3 Ом. Найти силу тока в 12-омном резисторе, если падение напряжения на резисторе 3 Ом составляет 9 В.

1) 0,75; 2) 1; 3) 1,5; 4) 2.

9. В электрическую сеть включены последовательно плитка и реостат, сопротивления которых равны 50 и 60 Ом соответственно. Определите напряжение на реостате, если напряжение на плитке 75 В.

1) 30; 2) 60; 3) 90; 4) 100.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 249 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

10. Мотор подключен к сети напряжением 220 В. Найти работу, совершенную мотором при прохождении по его обмотке заряда 2 Кл, если вся электрическая энергия превратилась в механическую работу.

1) 110; 2) 220; 3) 330; 4) 440.

11. В проводнике с сопротивлением 10 Ом, включенном в сеть постоянного напряжения, за 5 с выделилась энергия 450 Дж. Каково напряжение в сети?

1) 10; 2) 20; 3) 30; 4) 40.

12. При ремонте электроплитки спираль была укорочена на 0,2 первоначальной длины. На сколько процентов увеличилась мощность плитки? Удельное сопротивление спирали считать постоянным.

1) 5; 2) 20; 3) 25; 4) 44.

13. Груз массой 1000 кг равномерно поднимают на высоту 20 м за 10 с. Напряжение на зажимах мотора подъемника 380 В. КПД мотора 80 %. Сила тока в моторе и его мощность равны:

1) 66 А, 25 кВт; 2) 82 А, 31,2 кВт; 3) 38 А, 14,4 кВт; 4) 88 А, 33,4 кВт.

14. Две электролампы, на которых указаны их мощности 100 и 150 Вт, включены последовательно в сеть с постоянным напряжением, соответствующим номинальному напряжению ламп. Какая суммарная мощность будет выделяться на лампах? Сопротивления ламп не зависят от условий работы.

1) 50; 2) 60; 3) 125; 4) 250.

15. Электрический утюг, рассчитанный на напряжение 220 В, имеет мощность 400 Вт. При включении утюга в сеть напряжение в розетке падает от 220 до 212 В. Сопротивление подводящих проводов равно:

1) 4,2 Ом; 2) 4,6 Ом; 3) 10,4 Ом; 4) 12,2 Ом.

16. Две одинаковые спирали электроплитки можно соединить последовательно или параллельно. Во сколько раз большее количество теплоты выделится при па-



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 250 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

раллельном соединении, чем при последовательном, заодно и то же время? Сопротивления спиралей не зависят от условий работы.

1) 8; 2) 6; 3) 4; 4) 2.

17. Разность потенциалов на клеммах замкнутого на резистор 5 Ом источника тока равна 4 В. Внутреннее сопротивление источника 2,5 Ом. ЭДС источника равна:

1) 8 В; 2) 6 В; 3) 4 В; 4) 10 В.

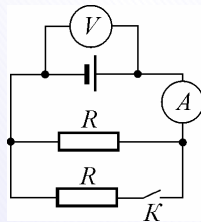
18. При уменьшении сопротивления внешней цепи с 5 Ом до 2 Ом сила тока, текущего через источник, увеличилась с 2 А до 4 А. Найти ЭДС источника тока.

1) 12; 2) 13; 3) 14; 4) 15.

19. При внешнем сопротивлении 4 Ом сила тока в цепи составляет 0,2 А, при внешнем сопротивлении 7 Ом сила тока равна 0,14 А. Сила короткого замыкания источника равна:

1) 0,32; 2) 0,38; 3) 0,42; 4) 0,47.

20. Как изменятся показания амперметра и вольтметра, если замкнуть ключ K ?



1) показания амперметра и вольтметра уменьшатся; 2) показания амперметра и вольтметра увеличатся; 3) амперметра увеличатся, а вольтметра уменьшатся; 4) амперметра уменьшатся, а вольтметра увеличатся.

21. Внутреннее сопротивление источника тока 0,5 Ом. Идеальный вольтметр, подключенный к источнику, показывает напряжение 3 В. Что покажет вольтметр, если источник тока замкнуть на резистор сопротивлением 1 Ом?

1) 1 В; 2) 2 В; 3) 2,2 В; 4) 2,4 В.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 251 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Практическое занятие 13. Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Магнитный поток. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции. Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля

1. Направление тока в круговом витке изменили на противоположное. Вектор магнитной индукции повернулся на:

1) 0° ; 2) 180° ; 3) 360° ; 4) 90° .

2. По двум круговым виткам с одинаковыми радиусами течет ток одинаковой величины. Витки имеют общий центр, а их плоскости перпендикулярны друг другу. Для каждого из них модуль магнитной индукции равен B . Модуль вектора магнитной индукции результирующего поля равен:

1) 0; 2) $B\sqrt{2}$; 3) $B\sqrt{3}$; 4) B .

3. На линейный проводник с током 2 А, расположенный в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл перпендикулярно силовым линиям поля, действует сила 0,1 Н. Определить длину проводника.

1) 0,5; 2) 1; 3) 2; 4) 4.

4. На тонких нитях висит горизонтально расположенный стержень длиной 2 м и массой 0,5 кг. Стержень находится в однородном магнитном поле, индукция которого 0,5 Тл и направлена вниз. На сколько градусов отклонятся нити от вертикали, если по стержню пропустить ток 5 А?

1) 30; 2) 45; 3) 60; 4) 90.

5. С какой силой взаимодействуют два параллельных провода с токами 300 А, если длина проводов 50 м и каждый из них создает в месте нахождения другого провода магнитное поле 1,2 мТл?

1) 10; 2) 15; 3) 18; 4) 25.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



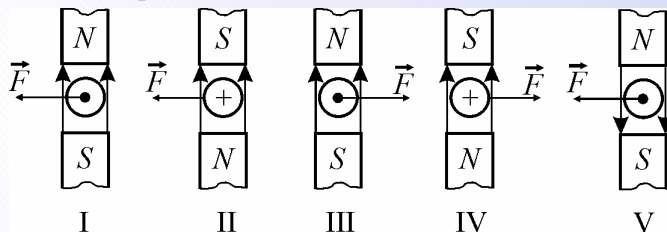
Страница 252 из 300

Назад

На весь экран

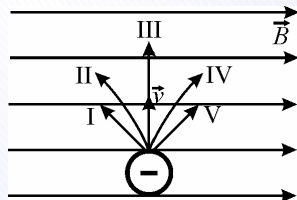
Закрыть

6. Укажите рисунок, где правильно показано действие магнита на проводник с током.



1) I; 2) II; 3) III; 4) IV; 5) V.

7. В электрическое поле со скоростью v влетает электрон перпендикулярно силовым линиям. Укажите направление его движения.



1) I. Под углом 45° влево; 2) II. Заворачивается от нас; 3) III. Не изменяет направление скорости; 4) IV. Заворачивает на нас; 5) V. Под углом 45° вправо.

8. Электрон движется в магнитном поле по круговой орбите с постоянной угловой скоростью. Во сколько раз возрастет угловая скорость электрона, если индукцию магнитного поля увеличить в 2 раза?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

9. Протон и альфа-частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям поля. Во сколько раз период обращения альфа-частицы больше периода обращения протона?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

10. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $0,05$ Тл по дуге окружности радиусом 1 см. Затем электрон попадает в однородное электрическое



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 253 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

поле напряженностью 10^4 В/м и движется по направлению силовой линии. Какое расстояние пройдет электрон до тех пор, пока его скорость не станет равной нулю?

- 1) 0,14 м; 2) 0,28 м; 3) 0,56 м; 4) 2,2 м.

11. Рамка помещена в однородное магнитное поле. Найти в градусах угол между вектором магнитной индукции и плоскостью рамки, при котором поток магнитной индукции через поверхность рамки достигает наибольшего значения.

- 1) 0; 2) 45; 3) 90; 4) 180.

12. Магнитный поток через каждый виток катушки, помещенной в магнитное поле, равен 0,1 Вб. Магнитное поле равномерно убывает до нуля за 0,1 с, при этом в катушке индуцируется ЭДС 20 В. Сколько витков имеет катушка?

- 1) 2; 2) 20; 3) 200; 4) 2000.

13. Кольцо радиусом 1 м и сопротивлением 0,1 Ом помещено в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл. Плоскость кольца перпендикулярна вектору индукции поля. Какой заряд пройдет через поперечное сечение кольца при исчезновении поля?

- 1) 3,14; 2) 3,9; 3) 4,7; 4) 5,8.

14. Тонкий медный провод массой 4 г согнут в виде квадрата и помещен в однородное магнитное поле с индукцией 0,3 Тл так, что силовые линии перпендикулярны плоскости квадрата. Если потянуть квадрат за противоположные вершины и вытянуть его в линию, то по проводнику пройдет заряд, равный:

- 1) 0,1 Кл; 2) 0,3 Кл; 3) 0,5 Кл; 4) 0,7 Кл.

15. Самолет летит горизонтально со скоростью 900 км/ч. Найдите разность потенциалов (в мВ), возникающую между концами его крыльев, если вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли 50 мкТл, а размах крыльев 12 м.

- 1) 45; 2) 75; 3) 100; 4) 150.

16. Поезд со скоростью 72 км/ч приближается к гальванометру, присоединенному к железнодорожным рельсам. Вертикальная составляющая магнитного поля Земли



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 254 из 300

Назад

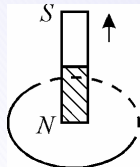
На весь экран

Заккрыть

$5 \cdot 10^{-5}$ Тл. Сопротивление гальванометра 100 Ом. Расстояние между рельсами 1,2 м. Какой ток покажет гальванометр?

- 1) 0,12 А; 2) 0,012 А; 3) 0,024 А; 4) 12 мкА.

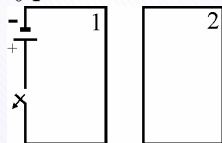
17. Магнит перемещают относительно замкнутого проводящего контура, как показано на рисунке



Индукционный ток, возникающий в контуре, направлен:

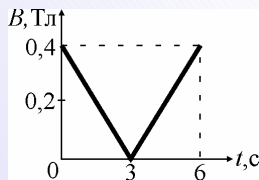
1) по часовой стрелке; 2) против часовой стрелки; 3) индукционный ток направлен произвольным образом; 4) индукционный ток вообще не возникает, но контур отталкивается от магнита.

18. При замыкании цепи в контуре 1 ток в контуре 2 будет направлен:



1) по часовой стрелке; 2) против часовой стрелки; 3) ток в контуре 2 вообще не возникнет; 4) контуры будут притягиваться, но ток не возникнет.

19. Проводящий виток радиусом 5 см расположен перпендикулярно силовым линиям магнитного поля, индукция которого изменяется согласно графику.



В момент времени 4 с ЭДС индукции в витке равна:

- 1) 1 мВ; 2) 4 мВ; 3) 6 мВ; 4) 8 мВ.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 255 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

20. По замкнутому проводнику протекает ток силой 1,5 А. Магнитное поле этого тока создает поток через площадь контура, равный 6 мВб. Найдите индуктивность (в мГн) проводника.

1) 4; 2) 9; 3) 40; 4) 90.

21. Сила тока, протекающего по обмотке катушки, равномерно изменяется на 5 А за 0,25 с. При этом возбуждается ЭДС самоиндукции 200 В. Определите индуктивность катушки.

1) 1; 2) 10; 3) 50; 4) 100.

22. При изменении силы тока в соленоиде с 12 до 8 А энергия магнитного поля уменьшилась на 4 Дж. Индуктивность соленоида равна:

1) 0,1 Гн; 2) 1 Гн; 3) 16 Гн; 4) 0,16 Гн.

23. Магнитный поток внутри длинного соленоида при силе тока 10 А равен 60 Вб. Энергия магнитного поля соленоида равна:

1) 100 Дж; 2) 200 Дж; 3) 300 Дж; 4) 600 Дж.

Задачи для самостоятельного решения

1. Два однородных магнитных поля, силовые линии которых взаимно перпендикулярны, имеют модули векторов магнитной индукции 0,8 Тл и 0,6 Тл. Модуль вектора магнитной индукции после наложения полей равен:

1) 0,2 Тл; 2) 1,4 Тл; 3) 0,9 Тл; 4) 1 Тл.

2. Два прямолинейных длинных проводника расположены в вакууме на расстоянии 100 см друг от друга. Сила тока в первом проводнике 8 А, во втором 20 А. Модуль магнитной индукции в точке, расположенной посередине между проводниками, если токи направлены в противоположные стороны, равен:

1) 11,2 мкТл; 2) 8,2 мкТл; 3) 6,8 мкТл; 4) 5,6 мкТл.

3. По горизонтально расположенному проводнику длиной 20 см и массой 4 кг течет ток силой 10 А. Найдите минимальную величину индукции магнитного поля,



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 256 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

в которое нужно поместить проводник, чтобы сила тяжести уравновесилась магнитной силой.

1) 20; 2) 40; 3) 60; 4) 80.

4. На горизонтальных рельсах, находящихся в вертикальном однородном магнитном поле, лежит стальной брусок, перпендикулярный рельсам. Расстояние между рельсами 15 см. Масса бруска 300 г, коэффициент трения между бруском и рельсами 0,2. Чтобы брусок сдвинулся с места, по нему необходимо пропустить ток силой 40 А. Какова индукция магнитного поля?

1) 50 мТл; 2) 66 мТл; 3) 80 мТл; 4) 98 мТл.

5. Как взаимодействуют токи, направленные так, как указано на рисунке?



1) а – притягиваются, б – отталкиваются; 2) а – отталкиваются, б – притягиваются; 3) а, б – притягиваются; 4) а, б – отталкиваются; 5) магнитное взаимодействие отсутствует.

6. Две частицы влетают под углом 30° к линиям индукции однородного магнитного поля. Во сколько раз модуль силы Лоренца, действующей на первую частицу, больше модуля силы Лоренца, действующей на вторую, если заряд и масса первой частицы в 2 раза больше, чем у второй. Скорости одинаковы.

1) 1; 2) 2; 3) 4; 4) 8.

7. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 10^{-4} Тл по окружности радиусом 1 см. Модуль импульса частицы равен:

1) $1,5 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с; 2) $1,6 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с; 3) $1,8 \cdot 10^{-26}$ кг·м/с; 4) $1,6 \cdot 10^{-19}$ кг·м/с.

8. Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле. Во сколько раз возрастет частота обращения электрона при увеличении индукции поля в 4 раза?

1) 1; 2) 2; 3) 4; 4) 16.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 257 из 300

Назад

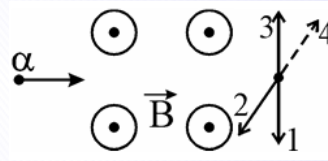
На весь экран

Заккрыть

9. Перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле влетает протон и однозарядный ион гелия, ускоренные одинаковой разностью потенциалов. Во сколько раз радиус окружности, по которой движется ион, больше, чем радиус окружности протона?

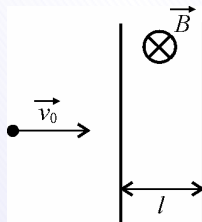
1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

10. В каком направлении отклоняет магнитное поле α -частицу при пролете магнитного поля?



1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

11. Однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,01$ Тл создано между двумя параллельными плоскостями, расстояние между которыми 1 см.



Какую минимальную скорость должен иметь электрон, чтобы он мог пройти данную область?

1) $8,8 \cdot 10^6$; 2) $4,4 \cdot 10^6$; 3) $1,7 \cdot 10^6$; 4) $1,76 \cdot 10^7$.

12. При уменьшении потока магнитной индукции на 3 Вб в замкнутом контуре возникает ЭДС индукции, равная 4 В. Найти ЭДС индукции, если за то же время поток магнитной индукции уменьшится на 6 Вб.

1) 8; 2) 9; 3) 11; 4) 15.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 258 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 259 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

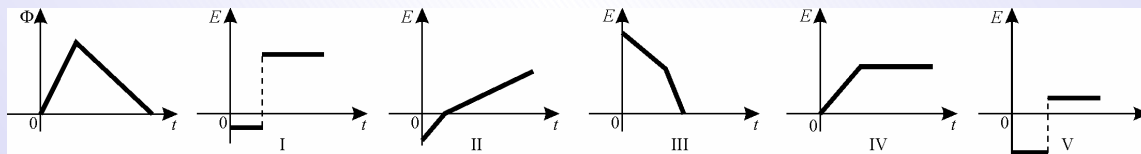
13. Контур площадью 2 м^2 и сопротивлением $0,003 \text{ Ом}$ находится в однородном поле, индукция которого возрастает на $0,5 \text{ мТл}$ в секунду. Найти максимальное количество теплоты, выделяющееся в контуре за 1 ч .

1) 0,5; 2) 1; 3) 1,2; 4) 1,8.

14. Плоский замкнутый контур площадью 10 см^2 деформируется в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл , оставаясь перпендикулярным линиям индукции. За 2 с площадь контура равномерно уменьшается до 2 см^2 . Определите среднюю силу тока (в мкА) в контуре за этот промежуток времени, если сопротивление контура 1 Ом .

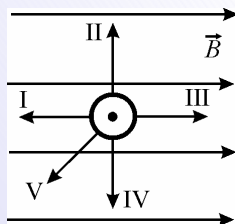
1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

15. Магнитный поток, пронизывающий контур с течением времени изменяется так, как представлено на графике. Укажите график зависимости ЭДС индукции от времени.



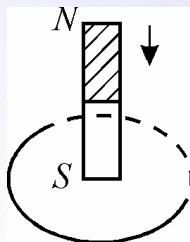
1) I; 2) II; 3) III; 4) IV; 5) V.

16. На рисунке представлено расположение движущегося в магнитном поле проводника с индукционным током. В каком направлении движется проводник?



1) I; 2) II; 3) III; 4) IV.

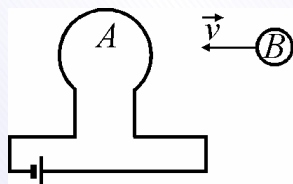
17. Магнит перемещают относительно замкнутого проводящего контура, как показано на рисунке.



Индукционный ток, возникающий в контуре, направлен:

1) по часовой стрелке; 2) против часовой стрелки; 3) индукционный ток направлен произвольным образом; 4) индукционный ток вообще не возникает, но контур отталкивается от магнита.

18. Контур B приближается к контуру A .



Индукционный ток, возникающий в контуре B , будет направлен:

1) по часовой стрелке; 2) против часовой стрелки; 3) произвольным образом; 4) индукционный ток вообще не возникает, но контуры будут притягиваться.

19. Медное кольцо радиусом 5 см помещают в однородное магнитное поле с индукцией 8 мТл перпендикулярно линиям индукции. Какой заряд (в мКл) пройдет по кольцу, если его повернуть на 180° вокруг оси, совпадающей с его диаметром? Сопротивление единицы длины кольца 2 мОм/м.

1) 0; 2) 100; 3) 200; 4) 400.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



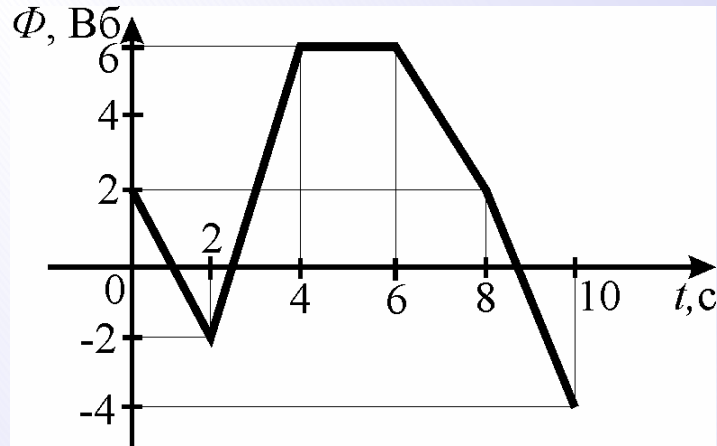
Страница 260 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

20. График изменения магнитного потока, пронизывающего замкнутый контур, с течением времени представлен на рисунке.



В каком интервале времени возникает минимальное значение ЭДС индукции?

- 1) 0-2 с; 2) 2-4 с; 3) 4-6 с; 4) 6-8 с; 5) 8-10 с.

21. По катушке с известной индуктивностью протекает ток 2 А. Какой силы ток нужно пропустить по катушке, чтобы энергия магнитного поля этой катушки возросла в 4 раза?

- 1) 4; 2) 8; 3) 16; 4) 32.

22. В катушке с индуктивностью 0,4 Гн возникает ЭДС самоиндукции 20 В. Найти скорость изменения тока в катушке.

- 1) 10 А/с; 2) 20 А/с; 3) 40 А/с; 4) 50 А/с.

23. Во сколько раз уменьшится энергия магнитного поля соленоида, если силу тока в нем уменьшить на 50%?

- 1) 2; 2) 2,5; 3) 4; 4) 6,25.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 261 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Практическое занятие 14. Колебательное движение. Амплитуда, период, частота, фаза колебаний. Уравнение гармонических колебаний. Математический и пружинный маятники. Превращения энергии при гармонических колебаниях. Упругие волны. Поперечные и продольные волны. Связь длины волны со скоростью ее распространения и периодом (частотой). Звуковые волны

1. Сколько полных колебаний совершит материальная точка за 5 секунд, если частота колебаний 440 Гц?

1) 2200; 2) 1200; 3) 580; 4) 6020.

2. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см и периодом 0,1 с. Определить максимальное значение скорости тела.

1) 3,48; 2) 5,21; 3) 6,28; 4) 7,29.

3. Две материальные точки совершают гармонические колебания. Величина максимальной скорости первой точки 4 м/с. Какова величина максимальной скорости второй точки, если период ее колебаний в 3 раза больше, а амплитуда колебаний в 6 раз больше, чем у первой точки?

1) 4; 2) 8; 3) 12; 4) 16.

4. Материальная точка совершает гармонические колебания по закону $x = 2 \sin(\pi t/3 + \pi/2)$, в котором все величины заданы в единицах СИ. Определите период колебаний.

1) 6; 2) 2; 3) 7; 4) 10.

5. Точка, совершающая гармонические колебания, проходит за два полных колебания путь в 1 м. Амплитуда колебаний точки равна:

1) 0,5 м; 2) 0,125 м; 3) 0,25 м; 4) 1 м.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 262 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

6. Через сколько секунд от начала движения точка, совершающая колебания по закону $x = A \cos \omega t$, сместится от начального положения на половину амплитуды? Период колебаний 24 с.

1) 6; 2) 4; 3) 12; 4) 3.

7. Собственная циклическая частота колебаний математического маятника на некоторой планете 5 рад/с. Чему равно ускорение силы тяжести на этой планете, если длина маятника 0,4 м?

1) 8; 2) 10; 3) 12; 4) 15.

8. Шар, прикрепленный к пружине, совершает гармонические колебания в горизонтальной плоскости с амплитудой 0,05 м. Определить коэффициент жесткости пружины, если в ходе колебаний максимальное значение силы упругости пружины равно 30 Н.

1) 600; 2) 500; 3) 400; 4) 300.

9. Когда груз неподвижно висел на вертикальной пружине, ее удлинение было равно 2,5 см. Затем груз оттянули и отпустили, вследствие чего он начал совершать гармонические колебаний. Каков период этих колебаний в миллисекундах?

1) 31,4; 2) 62,8; 3) 314; 4) 628.

10. Тело массой 0,1 кг совершает гармонические колебания в горизонтальной плоскости под действием упругой силы со стороны пружинки с коэффициентом жесткости 1000 Н/м. Определить амплитуду колебаний, если максимальная скорость равна 3 м/с. Трением пренебречь.

1) 0,02; 2) 0,03; 3) 0,06; 4) 0,07.

11. Период колебаний пружинного маятника равен 1 с. Пружинный маятник вывели из положения равновесия и отпустили. Через какое время кинетическая энергия колеблющегося тела будет равна потенциальной энергии пружины?

1) 1/12 с; 2) 1/8 с; 3) 1/6 с; 4) 1/4 с.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 263 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

12. На пружине, жесткость которой $k = 25 \text{ Н/м}$, неподвижно висит кубик из воска. В некоторый момент от него отделяется часть воска массой 60 г. Оставшаяся часть кубика начинает колебаться на пружине. Определите максимальную потенциальную энергию гармонических колебаний оставшейся части кубика, прикрепленного к пружине.

1) 0,6 мДж; 2) 5,2 мДж; 3) 1,8 мДж; 4) 7,2 мДж.

13. Определить скорость звука в воде, если источник звука, колеблющийся с периодом 0,002 с, возбуждает в воде волны длиной 2,9 м.

1) 850; 2) 1000; 3) 1220; 4) 1450.

14. Лодка качается на волнах от проходящего катера. Скорость распространения волны 4 м/с. Расстояние между ближайшими гребнями волн 6 м. Частота колебаний лодки равна:

1) 1,5; 2) 0,67; 3) 0,75; 4) 0,33.

15. Определите глубину моря в данном месте, если ультразвуковой импульс возвратился на судно через промежуток времени 0,2 с после посылки. Скорость ультразвука в воде $1,5 \cdot 10^3 \text{ м/с}$.

1) 400 м; 2) 200 м; 3) 80 м; 4) 150 м.

Задачи для самостоятельного решения

1. Найти период гармонического колебания, фаза которого увеличивается от 0 до 2 радиан за 4 с.

1) 8,45; 2) 10,2; 3) 18,76; 4) 12,56.

2. Найти величину максимального ускорения тела, совершающего гармонические колебания с циклической частотой 10 рад/с и амплитудой 0,5 см.

1) 0,5; 2) 0,6; 3) 0,7; 4) 0,8.

3. Найти частоту гармонического колебания, если фаза колебания за первую секунду возросла от 0 до 0,628 рад.

1) 0,01; 2) 0,1; 3) 0,03; 4) 0,5.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



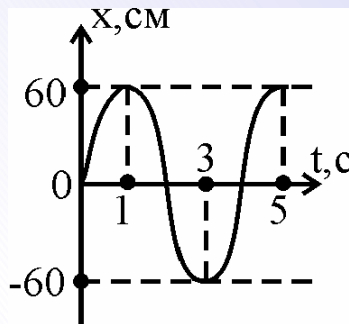
Страница 264 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

4. На рисунке приведен график зависимости смещения колеблющейся точки от времени.



Уравнение гармонических колебаний имеет вид:

- 1) $x = 0,6 \sin \pi t$ (м); 2) $x = 0,6 \sin 0,5\pi t$ (м); 3) $x = 1,2 \sin 0,5\pi t$ (м);
4) $x = 1,2 \sin \pi t$ (м).

5. Период гармонических колебаний материальной точки, колеблющейся вдоль оси Ox , $T = 1,8$ с. Через какой минимальный промежуток времени точка проходит из крайнего положения до середины амплитуды?

- 1) 0,9 с; 2) 0,45 с; 3) 1,35 с; 4) 0,25 с.

6. Два математических маятника за одно и то же время совершают: один – 40 полных колебаний, второй – 20 полных колебаний. Во сколько раз длина второго маятника больше длины первого?

- 1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 5.

7. Шар массой 800 г висит на пружине. Собственная циклическая частота колебаний системы равна 25 рад/с. Найти коэффициент жесткости пружины.

- 1) 200; 2) 300; 3) 400; 4) 500.

8. К динамометру, закрепленному вертикально, подвесили груз. При этом груз стал совершать гармонические колебания с циклической частотой 10 рад/с. Найдите деформацию (в см) пружины динамометра после полного прекращения колебаний груза.

- 1) 6; 2) 7; 3) 8; 4) 10.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 265 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

9. Период гармонических колебаний тела возрастает с 1 с до 2 с. Во сколько раз уменьшится при этом полная энергия колебаний? Амплитуда колебаний не изменяется.

1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 5.

10. Тело совершает гармонические колебания в горизонтальной плоскости на пружине жесткостью 300 Н/м. Амплитуда колебаний равна 4 см. Найти полную энергию колебательного процесса.

1) 0,67; 2) 0,22; 3) 0,86; 4) 0,24.

11. Период колебаний математического маятника в 2,0 раза больше периода колебаний пружинного маятника массой 180 г. Определите длину нити математического маятника, если жесткость пружины $k = 15 \text{ Н/м}$.

1) 15 см; 2) 28 см; 3) 48 см; 4) 57 см.

12. Во сколько раз увеличится скорость распространения волны, если длина волны возрастает в 2 раза, а период колебаний волны остается без изменения?

1) 1,5; 2) 2; 3) 2,5; 4) 3.

13. Скорость звука в воде 1450 м/с. На каком расстоянии находятся ближайшие точки, совершающие колебания в противоположных фазах, если частота колебаний 725 Гц?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

14. Определите длину волны, если две точки среды, расположенные на одном луче на расстоянии 0,5 м, совершают колебания с разностью фаз $\pi/8$.

1) 4; 2) 6; 3) 8; 4) 10.

15. Стальные детали проверяют ультразвуковым дефектоскопом. Определите толщину детали и глубину расположения дефекта, если после излучения ультразвукового сигнала получены два отраженных сигнала через промежутки времени 0,15 мс и 0,10 мс. Скорость ультразвука в воде $1,5 \cdot 10^3 \text{ м/с}$.

1) 0,51 м; 0,35 м; 2) 0,39 м; 0,26 м; 3) 0,15 м; 0,1 м; 4) 0,8 м; 0,6 м.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 266 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Практическое занятие 15. Свободные электромагнитные колебания в контуре. Математическая модель свободных колебаний в контуре, частота и период колебаний. Электромагнитные волны и скорость их распространения

1. Частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L , определяется по формуле:

$$1) \nu = \sqrt{LC}; \quad 2) \nu = 2\pi\sqrt{LC}; \quad 3) \nu = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad 4) \nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

2. Как изменится период T свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, если емкость C конденсатора увеличить в 4 раза при неизменной индуктивности катушки?

1) увеличится в 4 раза; 2) уменьшится в 4 раза; 3) увеличится в 2 раза; 4) уменьшится в 2 раза.

3. Как изменится энергия W свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, если емкость C конденсатора увеличить в 4 раза при постоянной амплитуде колебаний заряда?

1) увеличится в 4 раза; 2) уменьшится в 4 раза; 3) увеличится в 2 раза; 4) уменьшится в 2 раза.

4. Сила тока в цепи изменяется со временем по закону $I = 5 \sin 10t$. Частота электромагнитных колебаний равна:

$$1) 10; \quad 2) 5\pi; \quad 3) 5/\pi; \quad 4) 5.$$

5. Сила тока в колебательном контуре изменяется по закону $I = 0,25 \sin 200t$. Индуктивность катушки колебательного контура 25 мГн. Определите емкость C конденсатора этого контура.

$$1) 0,1 \text{ мФ}; \quad 2) 0,5 \text{ мФ}; \quad 3) 2,5 \text{ мФ}; \quad 4) 0,25 \text{ мФ}.$$



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



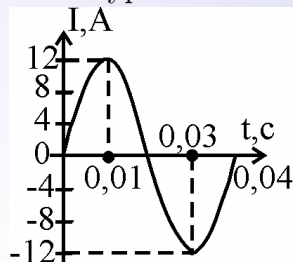
Страница 267 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

6. Пользуясь графиком, напишите уравнение мгновенного значения силы переменного тока.



1) $I = 12 \sin(50\pi t)$; 2) $I = 0,12 \sin(50\pi t)$; 3) $I = 12 \sin(5\pi t)$ 4) $I = 12 \cos(50\pi t)$.

7. Полная энергия колебаний в контуре равна 5 Дж. Найти максимальную силу тока в контуре, если индуктивность катушки равна 0,1 Гн.

1) 5; 2) 10; 3) 15; 4) 20.

8. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания с частотой 10^4 Гц. Максимальная сила тока в этом контуре 10^{-2} А. Максимальный заряд на обкладках конденсатора равен:

1) $0,16 \cdot 10^{-6}$ Кл; 2) 10^{-6} Кл; 3) $0,32 \cdot 10^{-6}$ Кл; 4) $0,08 \cdot 10^{-6}$ Кл.

9. Значение напряжения, измеренное в вольтах, задано уравнением $u = 20 \cos 100\pi t$. Укажите все правильные утверждения.

а) амплитуда напряжения 100 В; б) частота равна 50 Гц; в) период равен 0,04 с.

1) а, б, в; 2) а, б; 3) б; 4) а, в.

10. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,5 мкГн и конденсатора емкостью 0,2 мкФ. На какую длину волны настроен этот контур?

1) 300; 2) 400; 3) 500; 4) 600.

11. Колебательный контур состоит из плоского конденсатора, заполненного парафином ($\epsilon = 2$). Площадь пластин конденсатора $100,0 \text{ см}^2$, расстояние между пластинами 1,1 мм. Определите индуктивность катушки, если контур настроен на длину волны 4 333 м.

1) 32 мГн; 2) 40 мГн; 3) 50 мГн; 4) 60 мГн.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 268 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Задачи для самостоятельного решения

1. Период свободных электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L , определяется по формуле:

1) $T = \sqrt{LC}$; 2) $T = 2\pi\sqrt{LC}$; 3) $T = \frac{1}{\sqrt{LC}}$; 4) $T = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

2. Как изменится период T свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, если индуктивность L катушки уменьшить в 9 раз при неизменной емкости конденсатора?

1) увеличится в 3 раза; 2) уменьшится в 3 раза; 3) увеличится в 9 раз; 4) уменьшится в 9 раз.

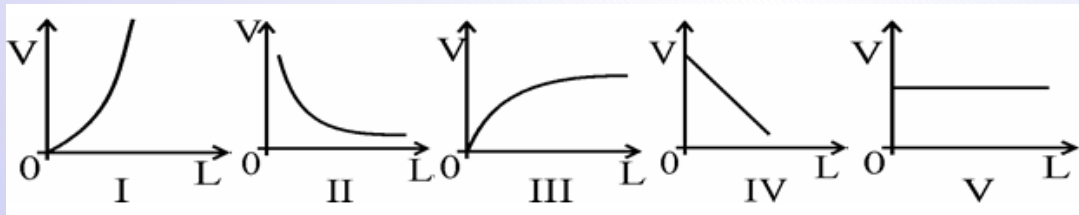
3. Как изменится энергия W свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, если индуктивность L катушки увеличить в 16 раз при неизменной амплитуде колебаний заряда?

1) увеличится в 4 раза; 2) уменьшится в 4 раза; 3) увеличится в 16 раз; 4) уменьшится в 16 раз.

4. Напряжение в цепи изменяется со временем по закону $U = 5 \sin 20t$. Частота электромагнитных колебаний равна:

1) 20; 2) 10π ; 3) $10/\pi$; 4) 10.

5. Укажите график зависимости частоты колебаний, возникших в колебательном контуре, от индуктивности контура.



1) I; 2) II; 3) III; 4) IV; 5) V.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 269 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

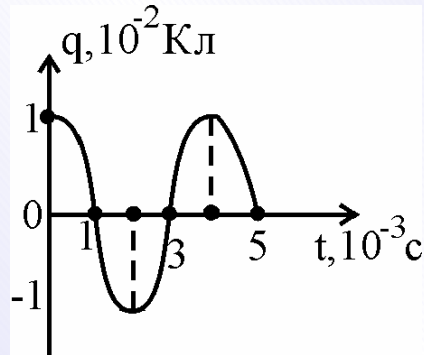
6. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 8 пФ и катушку, индуктивность которой 0,2 мГн. Найдите максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока 40 мА.

1) 100; 2) 150; 3) 200; 4) 250.

7. В контуре имеются конденсатор емкостью 2 мкФ и индуктивность, равная 4 мГн. При возбуждении в контуре электромагнитных колебаний максимальное значение энергии электрического поля в конденсаторе равно 0,01 Дж. Определить максимальное значение энергии магнитного поля в индуктивности.

1) 0,01; 2) 0,015; 3) 0,03; 4) 0,035.

8. На рисунке представлена зависимость от времени заряда на обкладках конденсатора колебательного контура. Амплитудное значение силы тока равно:



1) 15,7 А; 2) 1,57 А; 3) 157 А; 4) $15,7/2\pi$ А.

9. Электромагнитные волны распространяются в среде со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с. Частота электромагнитных волн в вакууме 1,5 МГц. Длина волны в вакууме и среде равна:

1) 200 м, 133 м; 2) 133 м, 200 м; 3) 133 м, 133 м; 4) 200 м, 200 м.

10. Колебательный контур настроен на частоту $1,5 \cdot 10^7$ Гц. Во сколько раз надо увеличить емкость конденсатора для перестройки контура на длину волны 40 м?

1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 5.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 270 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

11. Передатчик работает на длине волны 60 м. Индуктивность колебательного контура передатчика 1,5 мГн. Емкость колебательного контура равна:

- 1) 4,25 пФ; 2) 0,34 пФ; 3) 0,67 пФ; 4) 1,36 пФ.

Практическое занятие 16. Скорость света. Прямолинейность распространения света. Отражение света. Зеркала. Преломление света. Полное отражение. Тонкие линзы. Построение изображений в линзах. Формула тонкой линзы

1. Если вертикально стоящий шест высотой 1,1 м. освещенный Солнцем, отбрасывает на горизонтальную поверхность земли тень длиной 1,3 м, а длина тени от телеграфного столба на 5,2 м больше, то высота столба равна:

- 1) 5,2 м; 2) 5,3 м; 3) 5,5 м; 4) 5,8 м.

2. На расстоянии 0,5 м от точечного источника света расположен непрозрачный диск, за которым находится экран. Определить расстояние между диском и экраном, если радиус круговой тени на экране в 3 раза больше радиуса диска.

- 1) 0,5; 2) 1; 3) 1,5; 4) 2.

3. Расстояние от предмета до плоского зеркала равно 3,14 м. Найти расстояние между предметом и его изображением в зеркале.

- 1) 0; 2) 1,57; 3) 3,14; 4) 6,28.

4. На каком из приведенных ниже рисунков правильно построено изображение предмета в плоском зеркале? (П – предмет, И – изображение)



рис.1

рис.2

рис.3

рис.4

рис.5

5. Лучи Солнца падают под углом 37° к гладкой поверхности воды. Найти в градусах угол отражения.

- 1) 0; 2) 37; 3) 53; 4) 80.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 271 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

6. Синус предельного угла полного внутреннего отражения на границе стекло-воздух равен 0,625. Определить показатель преломления стекла.

1) 1,41; 2) 1,5; 3) 1,6; 4) 1,73.

7. На дне сосуда с жидкостью с показателем преломления $5/3$ помещен точечный источник света. Какого минимального радиуса (в см) должен быть непрозрачный диск, плавающий на поверхности жидкости, чтобы, глядя сверху, нельзя было увидеть этот источник? Высота слоя жидкости 12 см.

1) 9; 2) 12; 3) 15; 4) 18.

8. Относительный показатель преломления второй среды относительно первой равен 1,73. Если угол между отраженным и преломленным лучами составляет 90° , то угол падения луча равен:

1) 30° ; 2) 45° ; 3) 60° ; 4) 0° .

9. Луч белого света падает на поверхность воды под углом 60° . Угол между крайними красными и фиолетовыми лучами в воде (если их показатели преломления равны соответственно 1,329 и 1,344) составляет:

1) $5,3^\circ$; 2) $1,43^\circ$; 3) $2,8^\circ$; 4) $0,55^\circ$.

10. Предмет и его действительное изображение находятся на расстоянии 40 см от плоскости линзы. Определить фокусное расстояние линзы.

1) 0,2; 2) 0,4; 3) 0,6; 4) 0,8.

11. Предмет находится на расстоянии 20 см от собирающей линзы с оптической силой 4 дптр. Найдите расстояние (в см) от изображения до предмета.

1) 40; 2) 50; 3) 60; 4) 80.

12. Мнимое изображение предмета в рассеивающей линзе находится от нее на расстоянии в 2 раза меньшем, чем расстояние от линзы до предмета. Найдите расстояние (в см) от линзы до изображения, если фокусное расстояние линзы 50 см.

1) 20; 2) 25; 3) 40; 4) 50.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 272 из 300

Назад

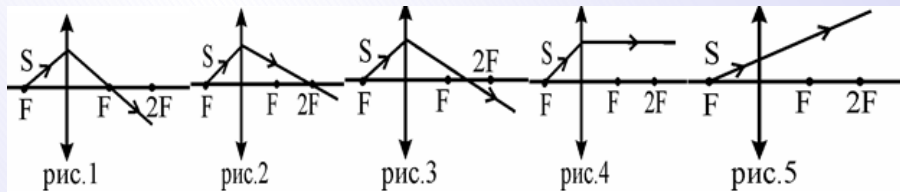
На весь экран

Закрыть

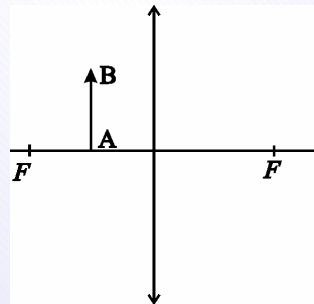
13. Предмет расположен на расстоянии 50 см от линзы оптической силы 2,5 дптр. Во сколько раз увеличится величина изображения предмета, если его приблизить к линзе на 5 см?

1) 1; 2) 2; 3) 4; 4) 6.

14. Укажите номер рисунка, на котором правильно изображен ход световую луча от источника S после прохождения собирающей линзы.

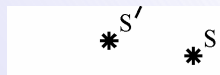


15. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



1) действительное, уменьшенное, перевёрнутое; 2) мнимое, уменьшенное, прямое;
3) действительное, увеличенное, перевёрнутое; 4) мнимое, увеличенное, прямое.

16. Изображение точечного источника света S' и сам источник S расположены относительно главной оптической оси тонкой линзы так, как показано на рисунке.



1) $-\frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; 2) $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; 3) $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$; 4) $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 273 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Задачи для самостоятельного решения

1. Вертикальный шест высотой 1 м, поставленный недалеко от уличного фонаря, отбрасывает тень длиной 80 см. Если расстояние между фонарным столбом и шестом увеличить на 1,5 м, то длина тени возрастает до 1,3 м. На какой высоте H находится фонарь?

1) 2; 2) 3; 3) 3,6; 4) 4.

2. Параллельный пучок света распространяется горизонтально. Под каким углом (в градусах) к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы отраженный пучок распространялся вертикально?

1) 0; 2) 45; 3) 90; 4) такого угла не существует.

3. Тело приближается перпендикулярно к зеркалу со скоростью 36 км/ч. Скорость сближения тела с его изображением в зеркале составляет:

1) 0; 2) 5 м/с; 3) 10 м/с; 4) 20 м/с.

4. При повороте плоского зеркала на некоторый угол вокруг оси, проходящей через точку падения луча перпендикулярно плоскости, в которой лежат падающий и отраженный лучи, угол между падающим и отраженным лучами увеличился на 40° . На какой угол (в градусах) было повернуто зеркало?

1) 10; 2) 20; 3) 40; 4) 80.

5. Если угол падения светового луча уменьшится на 5° , то угол между падающим и отраженным лучами уменьшится на:

1) 20° ; 2) 10° ; 3) 5° ; 4) $7,5^\circ$.

6. В некотором прозрачном веществе свет распространяется со скоростью, вдвое меньшей скорости света в вакууме. Чему будет равен предельный угол (в градусах) полного отражения для поверхности раздела этого вещества с вакуумом?

1) 30; 2) 45; 3) 60; 4) 90.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 274 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

7. В прозрачной среде с показателем преломления 1,5 находится сферическая воздушная полость радиусом 3 см. На полость падает широкий пучок параллельных лучей. Определит на входе радиус пучка лучей, попадающих в полость. Ответ записать в сантиметрах.

1) 2; 2) 4; 3) 5; 4) 6.

8. Смещение луча света, вызываемое его прохождением через стеклянную плоско-параллельную пластинку, равно 3 см. Какова толщина пластинки, если угол падения луча на пластинку равен 60° , а показатель преломления стекла 1,5.

1) 2,3 см; 2) 3,6 см; 3) 4,2 см; 4) 5,8 см.

9. В жидкость с показателем преломления 1,8 на глубине 4 см помещен источник света. На каком максимальном расстоянии над источником следует поместить диск диаметром 4 см, чтобы свет не вышел из жидкости?

1) 4 см; 2) 2 см; 3) 6 см; 4) 3 см.

10. Пучок лучей, параллельных главной оптической оси, после преломления в линзе расходится. Если продолжения лучей пересекаются на расстоянии 16 см от линзы, то ее оптическая сила составляет:

1) -4 дптр; 2) $-6,25$ дптр; 3) $+2,5$ дптр; 4) -32 дптр.

11. Расстояние от предмета до собирающей линзы в 1,5 раза больше фокусного. Во сколько раз больше фокусного расстояние от изображения до линзы?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

12. На каком расстоянии (в см) от собирающей линзы с фокусным расстоянием 30 см следует поместить предмет, чтобы получить действительное изображение, увеличенное в 3 раза?

1) 10; 2) 20; 3) 30; 4) 40.

13. Рассеивающая линза с фокусным расстоянием 4 см дает уменьшенное в 4 раза изображение предмета. Найдите расстояние от предмета до изображения (в см).

1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 9.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



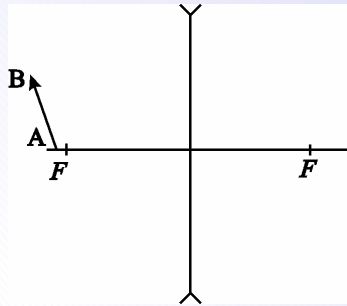
Страница 275 из 300

Назад

На весь экран

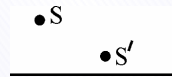
Закрыть

14. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



- 1) действительное, уменьшенное, перевёрнутое; 2) мнимое, уменьшенное, прямое;
3) действительное, увеличенное, перевёрнутое; 4) мнимое, увеличенное, прямое.

15. Изображение точечного источника света S' и сам источник S расположены относительно главной оптической оси тонкой линзы так, как показано на рисунке.



Данному случаю соответствует формула линзы:

1) $-\frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; 2) $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; 3) $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$; 4) $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

Практическое занятие 17. Дисперсия, интерференция и дифракция света. Постулаты специальной теории относительности. Закон взаимосвязи массы и энергии

1. Наибольшей длиной волны обладают электромагнитные волны, соответствующие области спектра:

а) желтого цвета; в) красного цвета; б) зеленого цвета; г) фиолетового цвета.

2. Для модулей скоростей распространения в воде электромагнитных волн, соответствующих красному v_k и зеленому v_z свету, справедливо соотношение:

1) $v_k > v_z$; 2) $v_k < v_z$; 3) $v_k = v_z = c$; 4) $v_k = v_z < c$.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 276 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

3. Чему равна минимальная разность хода лучей световых волн частотой $5,5 \cdot 10^{14}$ Гц, распространяющихся в среде с показателем преломления 1,5, если при интерференции они ослабляют друг друга?

1) 0,8 мкм; 2) 0,9 мм; 3) 0,01 мм; 4) 0,18 мкм.

4. Две когерентные световые волны приходят в некоторую точку O пространства с оптической разностью хода 1,8 мкм. Усиление или ослабление световых волн будет наблюдаться в точке O , если длина волны 600 нм?

1) ослабление; 2) усиление; 3) ничего не произойдет; 4) недостаточно данных.

5. Определите число максимумов в спектре, образующемся при падении монохроматической плоской волны частотой $7 \cdot 10^{14}$ Гц на дифракционную решетку с периодом 2 мкм.

1) 7; 2) 9; 3) 8; 4) 11.

6. При нормальном падении монохроматического света на дифракционную решетку с периодом 1,25 мкм угол дифракции между максимумами первого порядка 60° . Определите длину волны падающего света.

1) 0,63 мкм; 2) 0,33 мкм; 3) 0,63 мм; 4) 0,5 мм.

7. При какой скорости движения стержня релятивистское сокращение его длины составит 50 %?

1) 0,5 с; 2) 0,75 с; 3) 0,87 с; 4) 0,9 с.

8. Как изменяется масса частицы при движении со скоростью 0,с?

1) уменьшится в 1,7 раза; 2) не изменится; 3) увеличится в 1,7 раза; 4) увеличится в 2,3 раза.

9. Чайник с 2 кг воды нагрели от 10°C до кипения. Насколько изменилась масса воды?

1) $2,8 \cdot 10^{-12}$ кг; 2) $3,4 \cdot 10^{-12}$ кг; 3) $5,2 \cdot 10^{-12}$ кг; 4) $8,4 \cdot 10^{-12}$ кг.

10. Насколько уменьшится масса 10 кг воды, при температуре 0°C , при замерзании?

1) $2,8 \cdot 10^{-12}$ кг; 2) $3,4 \cdot 10^{-12}$ кг; 3) $5,2 \cdot 10^{-12}$ кг; 4) $3,7 \cdot 10^{-11}$ кг.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 277 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Задачи для самостоятельного решения

1. Частота электромагнитного излучения, соответствующего желтому свету, при переходе из воздуха в воду:

1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется; 4) зависит от показателя преломления воды.

2. Для модулей скоростей распространения в вакууме электромагнитных волн, соответствующих фиолетовому $\nu_{\text{ф}}$ и зеленому $\nu_{\text{з}}$ свету, справедливо соотношение:

1) $\nu_{\text{ф}} > \nu_{\text{з}}$; 2) $\nu_{\text{ф}} < \nu_{\text{з}}$; 3) $\nu_{\text{ф}} = \nu_{\text{з}} = c$; 4) $\nu_{\text{ф}} = \nu_{\text{з}} < c$.

3. Расстояние между двумя когерентными источниками света, излучающими волны равной длины, $l = 1,0$ мм, расстояние от каждого источника до плоского экрана $L = 3,0$ м. Определите длину световой волны, если расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране $x = 1,5$ мм.

1) 0,8 мкм; 2) 0,6 мм; 3) 0,05 мм; 4) 0,5 мкм.

4. Определите период дифракционной решетки, на которую нормально падает свет с длиной волны 550 нм. Известно, что максимум пятого порядка наблюдается под углом 30° .

1) 0,6 мкм; 2) 0,3 мм; 3) 0,05 мм; 4) 5,5 мкм.

5. На дифракционную решетку перпендикулярно ее плоскости падает свет с длиной волны 500 нм. Сколько штрихов на 1 мм должна иметь решетка, чтобы пятый максимум в дифракционной картине находился под углом 90° по отношению к падающему свету.

1) 700; 2) 900; 3) 400; 4) 200.

6. Какова длина движущегося со скоростью 0,6с метрового стержня (для земного наблюдателя)?

1) 0,8 м; 2) 0,9 м; 3) 0,92 м; 4) 0,98 м.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 278 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

7. Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы равно 10 нс. Какой путь пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчета, где время её жизни равно 20 нс?

1) 5 м; 2) 10 м; 3) 75 м; 4) 20 м.

8. Общая мощность излучения Солнца составляет $3,84 \cdot 10^{26}$ Вт. За счет излучения масса Солнца уменьшается за 100 с на:

1) $4,2 \cdot 10^{11}$ кг; 2) $8,4 \cdot 10^{10}$ кг; 3) $2,1 \cdot 10^{10}$ кг; 4) $2,1 \cdot 10^{11}$ кг.

9. Масса покоящегося поезда 3000 т. На какую величину увеличится масса поезда при движении со скоростью 72 км/ч?

1) $1,2 \cdot 10^{-9}$ кг; 2) $2,6 \cdot 10^{-9}$ кг; 3) $4,1 \cdot 10^{-9}$ кг; 4) $6,7 \cdot 10^{-9}$ кг.

10. Электрон движется со скоростью 0,9 с. Кинетическая энергия электрона равна:

1) 0,33 МэВ; 2) 0,51 МэВ; 3) 0,61 МэВ; 4) 0,66 МэВ.

**Практическое занятие 18. Энергия, импульс и масса фотона.
Давление света. Фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна
для фотоэффекта. Ядерная модель атома. Квантовые постулаты
Бора. Излучение и поглощение энергии атомом.
Квантово-механическая модель атома водорода**

1. Энергия фотона, соответствующего фиолетовой области видимого диапазона, равна $6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определить в электрон-вольтах энергию этого фотона.

1) 1; 2) 4; 3) 6,4; 4) 16.

2. Найти отношение энергии фотона с длиной волны 450 нм и энергии фотона с длиной волны 720 нм?

1) 1,2; 2) 1,6; 3) 3,2; 4) 8.

3. Определить в электронвольтах энергию фотона рентгеновского излучения, длина волны которого равна $3 \cdot 10^{-10}$ м.

1) 2475; 2) 3690; 3) 4125; 4) 4720.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 279 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

4. Гелий – неоновый лазер, работающий в непрерывном режиме на длине волны 630 нм, за 1 с излучает 10^{18} фотонов. Какую мощность развивает этот лазер?

1) 0,32; 2) 0,6; 3) 0,16; 4) 1,28 Вт.

5. Источник света мощностью 100 Вт испускает $5 \cdot 10^{20}$ фотонов за 1 с. Найти длину волны излучения.

1) $9,9 \cdot 10^{-8}$ м; 2) $9,9 \cdot 10^{-7}$ м; 3) $9,9 \cdot 10^{-6}$ м; 4) $9,9 \cdot 10^{-5}$ м.

6. Определить частоту излучения, соответствующую красной границе фотоэффекта для металла, работа выхода которого составляет 4,125 эВ. Ответ выразить в терагерцах (1 терагерц = 10^{12} Гц).

1) 1; 2) 10; 3) 100; 4) 1000.

7. Красная граница фотоэффекта для серебра равна $3,3 \cdot 10^{-7}$ м. Определить работу выхода электронов. Ответ выразить в электронвольтах.

1) 1; 2) 3,75; 3) 5,5; 4) 7,5.

8. Определить в электронвольтах максимальную кинетическую энергию электронов, выбиваемых с поверхности металла фотонами с энергией 4,6 эВ. Работа выхода электронов из металла равна 1,8 эВ.

1) 2,8; 2) 5,6; 3) 8,2; 4) 10.

9. Работа выхода электронов из некоторого металла 3,375 эВ. Найдите скорость электронов (в км/с), вылетающих с поверхности металла при освещении его светом с длиной волны $2 \cdot 10^{-7}$ м. Масса электрона $9 \cdot 10^{-31}$ кг.

1) 1; 2) 10; 3) 100; 4) 1000.

10. Чему равно задерживающее напряжение для фотоэлектронов, вырывааемых с поверхности металла светом с энергией фотонов $7,8 \cdot 10^{-19}$ Дж, если работа выхода из этого металла $3 \cdot 10^{-19}$ Дж?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

11. Радиус первой боровской орбиты в атоме водорода $0,53 \cdot 10^{-10}$ м. Напряженность поля ядра атома водорода на первой боровской орбите равна:

1) $5,13 \cdot 10^{10}$ В/м; 2) $2,57 \cdot 10^{11}$ В/м; 3) $5,13 \cdot 10^{11}$ В/м; 4) $9,18 \cdot 10^{11}$ В/м.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



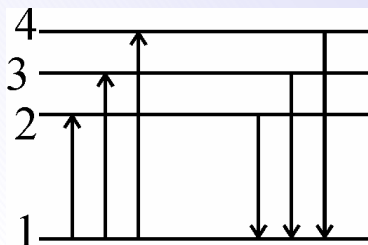
Страница 280 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

12. На рисунке представлены первые четыре энергетических уровня в атоме водорода.



Какой из переходов соответствует излучению фотона минимальной энергии?

1) 1→2; 2) 4→1; 3) 1→4; 4) 2→1.

13. Электрон в атоме переходит со стационарной орбиты с энергией $-4,2$ эВ на орбиту с энергией $-7,6$ эВ. Определить в электронвольтах энергию излучаемого фотона.

1) 3,4; 2) 11,8; 3) 4,2; 4) 7,6.

14. Насколько изменилась энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $4,86 \cdot 10^{-7}$ м?

1) $4,4 \cdot 10^{-19}$ Дж; 2) $4,4 \cdot 10^{-18}$ Дж; 3) $4,4 \cdot 10^{-17}$ Дж; 4) $4,4 \cdot 10^{-16}$ Дж.

15. Для ионизации атома кислорода необходима энергия около 14 эВ. Найдите частоту излучения, которое может вызвать ионизацию.

1) $3,4 \cdot 10^{18}$ Гц; 2) $3,4 \cdot 10^{17}$ Гц; 3) $3,4 \cdot 10^{16}$ Гц; 4) $3,4 \cdot 10^{15}$ Гц

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить частоту излучения, если энергия фотона данного излучения равна 8,25 эВ. Ответ выразить в терагерцах ($1 \text{ ТГц} = 10^{12} \text{ Гц}$).

1) 1000; 2) 2000; 3) 3000; 4) 4000.

2. Определите энергию фотона, соответствующего излучению с длиной волны 0,5 мкм.

1) 1,3 эВ; 2) 2,5 эВ; 3) 4 эВ; 4) 5 эВ.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 281 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

3. Имеются два фотона с различными импульсами. Известно, что импульс первого фотона больше импульса второго в 1,5 раза. Длина волны первого фотона:

1) больше длины волны второго фотона на 50%; 2) больше длины волны второго фотона на 100%; 3) меньше длины волны второго фотона на 50%; 4) меньше длины волны второго фотона на 100%.

4. Чувствительность сетчатки глаза к желтому свету с длиной волны 0,6 мкм составляет $1,7 \cdot 10^{-18}$ Дж. Минимальное число фотонов, необходимых для восприятия света, равно:

1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 12.

5. На каплю воды объемом 0,5 мм³ каждую секунду падают и полностью поглощаются каплями 10^{15} фотонов с длиной волны 0,6 мкм. На сколько нагреется капля за 1 с?

1) 0,04 К; 2) 0,08 К; 3) 0,12 К; 4) 0,16 К.

6. Чему равна длина волны красной границы фотоэффекта для железа, если работа выхода железа равна 4,4 эВ?

1) 446 нм; 2) 282 нм; 3) 141 нм; 4) 451,2 нм.

7. Определите длину волны (в нм) света, которым освещается поверхность металла, если фотоэлектроны имеют максимальную кинетическую энергию $6 \cdot 10^{-20}$ Дж, а работа выхода электронов из этого металла $6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Постоянная Планка – $6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

1) 100; 2) 300; 3) 500; 4) 700.

8. Какой максимальной кинетической энергией (в эВ) обладают электроны, вырванные из металла при действии на него ультрафиолетового излучения с длиной волны 0,33 мкм, если работа выхода электрона $2,8 \cdot 10^{-19}$ Дж?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

9. Работа выхода электронов из металла равна 4,1 эВ. Определить минимальную задерживающую разность потенциалов при освещении поверхности металла фотонами с энергией 5,3 эВ.

1) 1,2; 2) 4,3; 3) 7,1; 4) 8,6.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 282 из 300

Назад

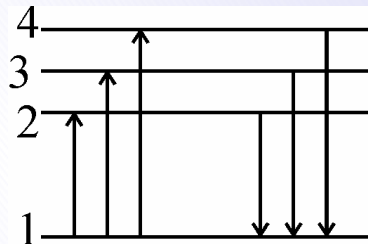
На весь экран

Закрыть

10. Угловая скорость вращения электрона на первой боровской орбите атома водорода равна:

- 1) $1,1 \cdot 10^{16}$ рад/с; 2) $2,2 \cdot 10^{16}$ рад/с; 3) $4,1 \cdot 10^{16}$ рад/с; 4) $1,76 \cdot 10^{15}$ рад/с.

11. На рисунке представлены первые четыре энергетических уровня в атоме водорода.



Какой из переходов соответствует излучению фотона максимальной энергии?

- 1) 1→2; 2) 4→1; 3) 1→4; 4) 2→1.

12. Электрон в атоме водорода находится на третьем энергетическом уровне. Сколько квантов с различной энергией может испускать этот атом:

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

13. Электрон в атоме водорода перешел из состояния с энергией $-0,545$ эВ в состояние с энергией $-0,846$ эВ. В результате такого перехода:

- 1) излучается квант с энергией $0,3$ эВ; 2) поглощается квант с энергией $0,3$ эВ; 3) излучается квант с энергией $0,846$ эВ; 4) поглощается квант с энергией $0,846$ эВ.

14. Для ионизации атома азота необходима энергия $14,53$ эВ. Найти длину волны излучения, которое вызовет ионизацию.

- 1) $0,853$ нм; 2) $8,53$ нм; 3) $85,3$ нм; 4) 853 нм.

15. Полная энергия электрона на n -й орбите по теории Бора определяется соотношением $E = -\frac{13,6}{n^2}M$. Какую наименьшую энергию нужно сообщить электрону, находящемуся в основном состоянии, чтобы спектр излучения водорода содержал только шесть спектральных линий?

- 1) $13,55$ эВ; 2) $12,7$ эВ; 3) $10,16$ эВ; 4) $0,85$ эВ.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 283 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Практическое занятие 19. Протонно-нейтронная модель ядра. Энергия связи. Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции. Энергетический выход ядерных реакций

1. Альфа-излучение это:

1) поток ядер водорода; 2) поток электронов; 3) поток нейтронов; 4) поток ядер гелия.

2. Во сколько раз число нейтронов в ядре атома трития больше, чем число протонов. Массовое число для трития равно 3, порядковый номер равен 1.

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

3. Чему равны число протонов (Z) и число нейтронов (N) в изотопе фтора ${}^{19}_9\text{F}$? Укажите правильный ответ.

1) Z=9, N=19; 2) Z=19, N=9; 3) Z=9, N=10; 4) Z=10, N=9.

4. Во что превращается изотоп тория ${}^{234}_{90}\text{Th}$, ядра которого претерпевают три последовательных α -распада? Сколько протонов и нейтронов в получившемся ядре?

1) 222 протона, 84 нейтрона; 2) 84 протона, 222 нейтрона; 3) 84 протона, 138 нейтронов; 4) 138 протонов, 84 нейтрона.

5. Написать недостающие обозначение в ядерной реакции: ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{p} \rightarrow ? + {}^4_2\text{He}$. Укажите количество протонов и нейтронов в получившемся ядре.

1) Z=1, N=4; 2) Z=4, N=3; 3) Z=2, N=2; 4) Z=2, N=1.

6. Какая частица образуется в ядерной реакции: ${}^{27}_{13}\text{Al} + \gamma \rightarrow {}^{26}_{12}\text{Mg} + ?$

1) Электрон; 2) Позитрон; 3) Нейтрон; 4) Протон.

7. Вычислите энергию связи, приходящуюся на один нуклон для ядра ${}^{235}_{92}\text{U}$. Масса ядра ${}^{235}_{92}\text{U}$ равна 235,04393 а.е.м., масса нейтрона 1,0087 а.е.м., масса протона 1,0078 а.е.м.

1) 6,3 МэВ/нуклон; 2) 6,8 МэВ/нуклон; 3) 7,6 МэВ/нуклон; 4) 7,8 МэВ/нуклон.

8. За какое время распадается $3/4$ начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период полураспада 32 ч?

1) 32 ч; 2) 48 ч; 3) 64 ч; 4) 80 ч.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 284 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

9. Период полураспада радиоактивного цезия 29 лет. Через 116 лет от 1,6 кг радиоактивного цезия останется не распавшегося цезия:

- 1) 0,4 кг; 2) 0,2 кг; 3) 0,1 кг; 4) 0,05 кг.

10. Какое количество теплоты (Дж) выделится в $3,4 \cdot 10^{13}$ термоядерных реакций ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0n$. Масса атома дейтерия 2,01410 а.е.м., масса атома гелия 3,01605 а.е.м.

- 1) 36 Дж; 2) 1,8 Дж; 3) 3,6 Дж; 4) 18 Дж.

Задачи для самостоятельного решения

1. В атомном ядре содержится 8 протонов и 9 нейтронов. Чему равно число электронов в электронной оболочке нейтрального атома?

- 1) 17; 2) 9; 3) 8; 4) 16.

2. Массовое число алюминия равно 27, зарядовое число 13. Разность между числом протонов и нейтронов в ядре равна:

- 1) 14; 2) 1; 3) 0; 4) -1.

3. Заряд всех электронов в атоме кремния равен $-2,24 \cdot 10^{-18}$ Кл. Порядковый номер атома кремния в периодической системе Менделеева равен:

- 1) 10; 2) 12; 3) 14; 4) 18.

4. Насколько единиц уменьшится порядковый номер радиоактивного элемента при испускании протона?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

5. Написать недостающие обозначение в ядерной реакции ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^1_0n \rightarrow ? + {}^4_2\text{He}$. Укажите количество протонов и нейтронов в получившемся ядре.

- 1) Z=13, N=11; 2) Z=11, N=13; 3) Z=11, N=11; 4) Z=13, N=13.

6. Определите порядковый номер в таблице Менделеева элемента, образовавшегося из ${}^{235}_{92}\text{U}$ после двух β -распадов и трех α -распадов.

- 1) 86; 2) 87; 3) 88; 4) 89.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 285 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

7. Энергия связи ядра ${}_{92}^{235}\text{U}$, если масса ядра 235,04393 а.е.м., масса нейтрона 1,0087 а.е.м., масса протона 1,0078 а.е.м., равна:

1) 1666,2 МэВ; 2) 1712 МэВ; 3) 1786,4 МэВ; 4) 1865,3 МэВ.

8. Период полураспада радиоактивного йода-131 равен восьми суткам. За какое время количество атомов йода-131 уменьшится в 1000 раз?

1) 20 сут; 2) 40 сут; 3) 60 сут; 4) 80 сут.

9. За время, равное трем периодам полураспада, в веществе останется не распавшихся атомов:

1) 25%; 2) 12,5%; 3) 10%; 4) 5%.

10. Мощность атомной установки подводной лодки 15 МВт. Ядерным топливом служит обогащенный уран ${}_{92}^{235}\text{U}$. Определите запас топлива (массу топлива), необходимого для месячного (30 дней) плавания лодки, если при делении одного ядра урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ выделяется энергия $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж. КПД установки 30%.

1) 0,6 кг; 2) 1,6 кг; 3) 0,8 кг; 4) 2,4 кг.

Практическое занятие 20. Анализ и решение заданий централизованного тестирования по физике

1. В одной сказочной стране жил маг повелитель членистоногих и других мелких тварей. Среди прочих его удивительных умений было умение дрессировать и подчинять себе мух. Так, например, с помощью дрессированных мух он умел определять не только расстояния до различных объектов, но и скорость, с которой они движутся. Как он это делал? Он посылал в направлении движущегося объекта (например, оленя) муху. Муха летела до оленя, мгновенно разворачивалась и летела обратно. Не дожидаясь возвращения первой мухи маг, через некоторое время Δt после старта первой мухи, отправлял в полет вторую муху, которая так же летела до оленя и возвращалась обратно. Раскройте секрет мага и найдите скорость оленя (м/с), если



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 286 из 300

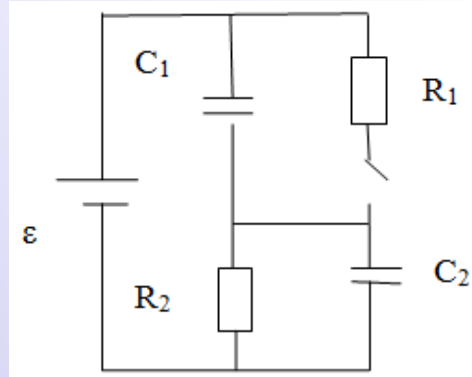
Назад

На весь экран

Закрыть

время полета первой мухи $t_1 = 7$ с, время полета второй $t_2 = 12$ с, а время между их стартом $\Delta t = 0,5$ с. Скорость дрессированных мух мага примите равной 12 м/с.

2. Две лёгкие спицы одинаковой длины и стержень длиной 20 см образуют П-образный проводник, который может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси. Проводник помещён в однородное магнитное поле, модуль индукции которого 100 мТл, а линии индукции направлены вертикально вверх. В проводнике протекает ток с силой тока 39 А. Проводник отклонили так, что его плоскость стала горизонтальной, а затем отпустили без начальной скорости. Если мгновенная скорость стержня стала равной нулю в тот момент, когда угол между плоскостью проводника и горизонтом равен 30° , то масса m стержня равна ... г.



количество теплоты Q_2 , равное ... мДж

4. В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке, ЭДС источника тока равна 10 В, а его внутреннее сопротивление пренебрежимо мало. Сопротивление резистора R зависит от температуры T . Бесконечно большим оно становится при $T \geq 420$ К (см. рис.). Удельная теплоёмкость материала, из которого изготовлен резистор $c = 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, масса резистора $m = 2,0$ г. Если теплообмен резистора с окружающей средой отсутствует, а начальная температура резистора $T_0 = 280$ К, то после замыкания ключа K через резистор протечёт заряд q , равный ... Кл

3. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, ёмкости конденсаторов $C_1 = 100$ мкФ, $C_2 = 300$ мкФ, ЭДС источника тока равна $60,0$ В. Сопротивление резистора R_2 в два раза больше, чем сопротивление резистора R_1 , то есть $R_2 = 2R_1$. В начальный момент времени ключ K замкнут и через резисторы протекает постоянный ток. Если внутреннее сопротивление источника тока пренебрежимо мало, то после размыкания ключа K в резисторе R_2 выделится



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание

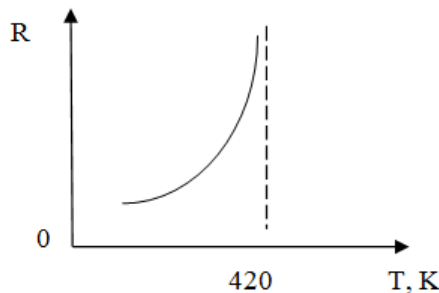
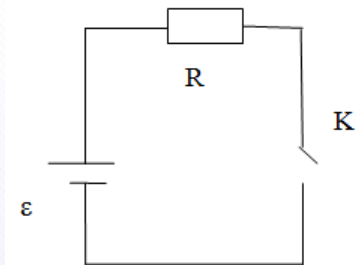


Страница 287 из 300

Назад

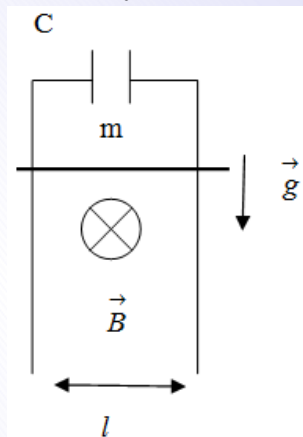
На весь экран

Закрыть



5. Две вертикальные однородно заряженные непроводящие пластины расположены в вакууме на расстоянии $d = 70$ мм друг от друга. Между пластинами на длинной лёгкой нерастяжимой нити подвешен небольшой заряженный $q = 200$ нКл шарик массой $m = 630$ мг, который движется, поочередно ударяясь о пластины. При ударе о каждую из пластин шарик теряет 36% своей кинетической энергии. В момент каждого удара шарик перезаряжают, и знак его заряда изменяется на противоположный. Если модуль напряжённости однородного электростатического поля между пластинами $E = 400$ кВ/м, то период T ударов шарика об одну из пластин равен ... мс.

6. В однородном магнитном поле, модуль индукции которого $B = 0,5$ Тл, находятся два длинных вертикальных проводника, расположенные в плоскости, перпендикулярной линиям индукции (см. рис.). Расстояние между проводниками $l = 8$ см. Проводники в верхней части подключены к конденсатору, емкость которого $C = 0,25$ Ф. По проводникам начинает скользить без трения и без нарушения контакта горизонтальный проводящий стержень массой $m = 0,5$ г. Если электрическое сопротивление всех проводников пренебрежимо мало, то через промежуток времени $\Delta t = 0,45$ с после начала движения стержня заряд q конденсатора будет равен ... мКл.



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 288 из 300

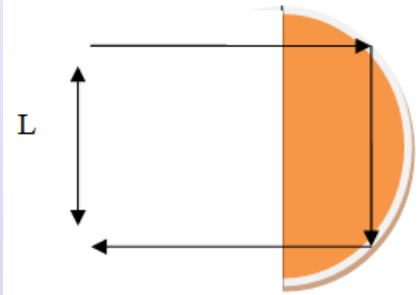
Назад

На весь экран

Закрыть

7. Маленькая заряженная бусинка массой $m = 1,5 \text{ г}$ может свободно скользить по оси, проходящей через центр тонкого незакрепленного кольца перпендикулярно его плоскости. По кольцу, масса которого $M = 4,5 \text{ г}$ и радиус $R = 40 \text{ см}$, равномерно распределен заряд $Q = 3 \text{ мкКл}$. В начальный момент времени кольцо покоилось, а бусинке, находящейся на большом расстоянии от кольца, сообщили скорость, модуль которой $2,4 \text{ м/с}$. Максимальный заряд бусинки, при котором она сможет пролететь сквозь кольцо, равен ... нКл .

8. Тонкое проволочное кольцо радиусом $r = 4,0 \text{ см}$ и массой $m = 98,6 \text{ мг}$, изготовленное из проводника сопротивлением $R = 0,40 \text{ Ом}$, находится в неоднородном магнитном поле, проекция индукции которого на ось Ox имеет вид $B_x = kx$, где $k = 4,0 \text{ Тл/м}$, x — координата. В направлении оси Ox кольцу ударом сообщили скорость, модуль которой $v_0 = 4,0 \text{ м/с}$. Если плоскость кольца во время движения была перпендикулярна оси Ox , то до остановки кольцо прошло расстояние s , равное ... см.



9. Узкий параллельный пучок света падает по нормали на плоскую поверхность прозрачного $n = \frac{4}{3}$ полуцилиндра радиусом $R = 5\sqrt{3} \text{ см}$ выходит из неё параллельно падающему пучку света (см. рис.). Если от момента входа в полуцилиндр до момента выхода из него потери энергии пучка не происходит, то минимальное расстояние L между падающим и выходящим пучками света равно ... см.

Примечание. Полуцилиндр – это тело, образованное расsectionем цилиндра плоскостью, в которой лежит его ось симметрии.

10. Два бруска массами m_1 и m_2 , прикрепленные к концам невесомой пружины, удерживают на гладкой горизонтальной поверхности так, что пружина сжата на $\Delta l_1 = 12,0 \text{ см}$. Сначала отпускают только брусок массой m_1 , а в тот момент, когда пружина не деформирована, отпускают второй брусок. Максимальное значение абсолютного удлинения пружины в процессе дальнейшего движения брусков $\Delta l_2 = 10,0 \text{ см}$. Если масса $m_2 = 1,50 \text{ кг}$, то масса m_1 равна ... г.



**Кафедра
общей
и
теоретической
физики**

Начало

Содержание



Страница 289 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Ответы

№ задачи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	10	21	320	75	700	25	48	39	15	660



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 290 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

ОБОБЩАЮЩИЕ ТЕСТЫ

Обобщающий тест 1

Обобщающий тест 2

Обобщающий тест 3

Обобщающий тест 4

Обобщающий тест 5



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 291 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть

Вопросы для подготовки к зачету

1. Механическое движение. Материальная точка. Система отсчета. Путь и перемещение.
2. Относительность движения. Классический закон сложения скоростей.
3. Прямолинейное равномерное и равноускоренное движение.
4. Движение по окружности.
5. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Масса.
6. Сила. Сложение сил. Второй и третий законы Ньютона.
7. Сила упругости.
8. Гравитационная сила. Сила тяжести. Вес тела. Перегрузки. Невесомость.
9. Силы трения. Движение под действием сил трения.
10. Давление. Механика жидкостей и газов.
11. Импульс тела. Закон сохранения импульса.
12. Механическая работа. Мощность. КПД.
13. Кинетическая и потенциальная энергия. Теорема об изменении кинетической энергии.
14. Закон сохранения полной механической энергии.
15. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
16. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы.
17. Насыщенный и ненасыщенный пар. Влажность воздуха.
18. Свойства жидкости. Поверхностное натяжение. Смачивание. Капиллярные явления.
19. Внутренняя энергия идеального газа. Работа и количество теплоты. Уравнение теплового баланса.
20. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 292 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

21. Циклические процессы. Тепловые двигатели. КПД теплового двигателя.
22. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
23. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей.
24. Работа сил электростатического поля. Потенциал и разность потенциалов.
25. Электроемкость. Емкость плоского конденсатора. Энергия электростатического поля заряженного конденсатора.
26. Постоянный электрический ток. Сила тока. Электродвижущая сила. Напряжение.
27. Электрическое сопротивление. Закон Ома для однородного участка электрической цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников.
28. Закон Ома для полной электрической цепи.
29. Работа и мощность тока. Закон Джоуля–Ленца. Коэффициент полезного действия источника тока.
30. Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля. Принцип суперпозиции магнитных полей.
31. Закон Ампера.
32. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.
33. Магнитный поток. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции. Закон электромагнитной индукции.
34. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля.
35. Механические колебания. Уравнение гармонических колебаний.
36. Математический и пружинный маятники. Превращения энергии при гармонических колебаниях.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 293 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

37. Упругие волны. Поперечные и продольные волны. Связь длины волны со скоростью ее распространения и периодом (частотой). Звуковые волны.
38. Свободные электромагнитные колебания в контуре. Математическая модель свободных колебаний в контуре, частота и период колебаний.
39. Электромагнитные волны и скорость их распространения.
40. Скорость света. Прямолинейность распространения света. Отражение света. Зеркала. Преломление света.
41. Тонкие линзы. Построение изображений в линзах. Формула тонкой линзы.
42. Дисперсия, интерференция и дифракция света.
43. Постулаты специальной теории относительности. Закон взаимосвязи массы и энергии.
44. Энергия, импульс и масса фотона.
45. Давление света.
46. Фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
47. Ядерная модель атома. Излучение и поглощение энергии атомом.
48. Протонно-нейтронная модель ядра. Энергия связи.
49. Закон радиоактивного распада.
50. Ядерные реакции. Энергетический выход ядерных реакций.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 294 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Литература

Основная

1. Стрельчяня, В. М. Физика: полный курс подготовки к тестированию и экзаменам / В. М. Стрельчяня, В. Г. Шепелевич. Мн.: Универсалпресс, 2005. – 592 с.
2. Капельян, С. Н. Физика : Пособие для подготовки к централизованному тестированию : пособие для учащихся / С. Н. Капельян, В. А. Малапонок. – 13-е изд. – Минск : Аверсэв, 2015. – 471 с.
3. Сборник заданий по физике для проведения выпускных экзаменов за курс средней школы, тестирования, вступительных экзаменов в высшие учебные заведения / Авт.-сост. В. В. Жилко, Л. А. Исаченкова, А. А. Луцевич [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2003. – 544 с.
4. Рымкевич, А. П. Сборник задач по физике для 8–10 классов средней школы / А. П. Рымкевич. – М. : Просвещение. 2002. – 192 с.
5. Учебная программа для учреждений общего среднего образования с белорусским и русским языками обучения. Физика IX класс. – Минск : НИО, 2019. – 16 с.
6. Учебная программа для учреждений общего среднего образования с русским языком обучения и воспитания. Физика. X класс (базовый уровень). Физика X класс. – Минск : НИО, 2020. – 16 с.

Дополнительная

1. Исаченкова, Л. А. Физика : учеб. пособие для 9-го кл. общеобразоват. учреждений с рус. яз. обучения / Л. А. Исаченкова [и др.]. – Минск : Нар. асвета, 2019. – 215 с.



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 295 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

2. Громько, Е. В. Физика : учеб. пособие для 10-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Е. В. Громько, В. И. Зенькович, А. А. Луцевич [и др.] – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2019. – 235 с.
3. Жилко, В. В. Физика : учеб. пособие для 11-го кл. общеобразоват. учреждений с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович, А. А. Сокольский. – Минск : Нар. асвета, 2021. – 287 с.
4. Сборник задач по физике 9 класс / Л. А. Исаченкова [и др.]. – Минск : Аверсэв, 2021. – 240 с. л.
5. Физика : Контрольные и самостоятельные работы : 10–11 классы : пособие для учителей учреждений общ. сред. образования с белорус. и рус. яз. обучения / В. В. Жилко [и др.]. – Минск : Аверсэв, 2012. – 128 с. : ил. – (Контрольно-измерительные материалы).
6. <http://www.educon.by>



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 296 из 300

Назад

На весь экран

Закреть

Приложения

Греческий алфавит					
Α	α	альфа	Ν	ν	ню
Β	β	бета	Ξ	ξ	кси
Γ	γ	гамма	Ο	ο	омикрон
Δ	δ	дельта	Π	π	пи
Ε	ε	эпсилон	Ρ	ρ	ро
Ζ	ζ	дзета	Σ	σ	сигма
Η	η	эта	Τ	τ	тау
Θ	θ	тега	Υ	υ	ипсилон
Ι	ι	йота	Φ	φ	фи
Κ	κ	каппа	Χ	χ	хи
Λ	λ	лямбда	Ψ	ψ	пси
Μ	μ	мю	Ω	ω	омега

Основные физические постоянные	
Гравитационная постоянная	$\gamma = 6,6731 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31447 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
Атомная единица массы	$u = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Постоянная Планка	$h = 6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Дж/с}$
Элементарный заряд	$e = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,10938 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 297 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Молярный объем идеального газа при нормальных условиях ($P_0 = 10132$ Па, $T_0 = 273,15$ К)	$V_0 = 22,4138 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}$
Число Авогадро	$N_A = 6,02214 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана	$k = \frac{R}{N_A} = 1,38065 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,6704 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^4}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2} = 8,854188 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$
Скорость света в вакууме	$c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Удельная теплоемкость некоторых веществ (Дж/кг • °С)

Золото	130	Железо	460	Масло подсолнечное	1700
Ртуть	140	Сталь	500	Лед	2100
Свинец	140	Чугун	540	Керосин	2100
Олово	230	Графит	750	Эфир	2350
Серебро	250	Стекло лаборат.	840	Дерево (дуб)	2400
Медь	400	Кирпич	880	Спирт	2500
Цинк	400	Алюминий	920	Вода	4200
Лагуль	400				



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 298 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть



Кафедра
общей
и
теоретической
физики

Начало

Содержание



Страница 299 из 300

Назад

На весь экран

Закрыть

Плотность веществ

	Твердые тела	
	10^3 кг/м^3	10^3 кг/м^3
Алюминий	2,7	Олово 7,3
Германий	5,4	Свинец 11,3
Кремний	2,4	Серебро 10,5
Лед	0,9	Сталь 7,8
Медь	8,9	Хром 7,2
Нихром	8,4	

	Жидкости	
	10^3 кг/м^3	10^3 кг/м^3
Бензин	0,70	Нефть 0,80
Вода	1,0	Ртуть 13,60
Керосин	0,80	Спирт 0,79

	Газы	
	(при нормальных условиях)	
	кг/м^3	кг/м^3
Азот	1,25	Воздух 1,29
Водород	0,09	Кислород 1,43



Вещество	ρ , Ом · м при 20 °С	Вещество	ρ , Ом · м при 20 °С
Проводники		Полупроводники	
Серебро	$1,6 \times 10^{-8}$	Углерод	$3,5 \times 10^{-5}$
Медь	$1,7 \times 10^{-8}$	Германий	0,5
Золото	$2,4 \times 10^{-8}$	Кровь	1,5
Алюминий	$2,8 \times 10^{-8}$	Кремний	2300
Вольфрам	$5,5 \times 10^{-8}$	Диэлектрики	
Платина	10^{-7}	Полиэтилен	$10^8 - 10^9$
Сталь	2×10^{-7}	Дерево	$10^8 - 10^{11}$
Нихром	10^{-6}	Резина	10^{13}
Ртуть	$9,6 \times 10^{-6}$	Стекло	$10^{11} - 10^{14}$



*Кафедра
общей
и
теоретической
физики*

Начало

Содержание



Страница 300 из 300

Назад

На весь экран

Заккрыть