**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по дисциплине

**Б1.О.10 ФИЗИКА**

для студентов

**35.03.07 Технология производства и переработки**

**сельскохозяйственной продукции**

направление подготовки

**«Технология производства и переработки**

**продукции животноводства»**

заочной формы обучения

**1. Цель дисциплины**

Целью дисциплины «физика» является:

Освоение знаний о механических, тепловых, электромагнитных и оптических явлениях; величинах, характеризующих эти явления; законах, которым они подчиняются; методах научного познания природы.

Овладение умениями проводить наблюдения природных явлений, описывать и обобщать результаты наблюдений, использовать простые измерительные приборы; применять полученные знания для объяснения принципов действия технических устройств; для решения физических задач.

Развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в ходе решения физических задач и выполнения лабораторных работ; способности к самостоятельному приобретению новых знаний в соответствии с жизненными потребностями и интересами.

**2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОПОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Код компетенции** | **Содержание компетенции** | **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине** |
| ОПК-1.1 | Использует основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в области производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции | **Знать:** основные законы физики |
| **Уметь:** использовать основные законы физики для решения стандартных задач |
| **Владеть:** навыками использования основных законов физик для решения стандартных задач в области производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции |

**Содержание дисциплины**

**Введение. Кинематика**:

Предмет физики. Методы физического исследования: опыт, гипотеза, эксперимент, теория. Механическое движение. Системы отсчета. Траектория. Путь, перемещение. Скорость и ускорение как производные. Составляющие ускорения при криволинейном движении. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь между векторами линейных, угловых скоростей и ускорений.

**Динамика вращательного движения.**

Момент инерции материальной точки. Момент инерции тела. Теорема Штейнера. Момент силы. Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращающегося тела.

**Механические колебания и волны**

Колебательное движение. Гармоническое колебание. Маятники. Периоды колебаний пружинного, физического и математического маятников. Вывод дифференциального уравнения гармонического колебания и его решение. Свободные колебания. Скорость и ускорение колебательного движения. Квазиупругая сила. Энергия колеблющегося тела. Затухающие колебания. Дифференциальное уравнение затухающего колебания и его решение. Декремент затухания. Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденного колебания и его решение. Резонанс.

Волны в упругой среде. Уравнение волны. Перенос энергии волной. Природа звука. Источники звука. Физические характеристики звука: высота, тембр, интенсивность, уровень интенсивности. Закон Вебера-Фехнера.

**Молекулярная физика. Гидродинамика**

Молекулярно-кинетическая теория. Агрегатные состояния вещества. Идеальный газ. Параметры состояния идеального газа. Распределение скоростей молекул по Максвеллу. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Число степеней свободы. Теорема Больцмана. Изопроцессы.

Уравнение неразрывности потока. Уравнение Бернулли и следствие из него. Течение вязкой жидкости. Формула Ньютона. Коэффициент внутреннего трения. Закон Стокса в технологии молочных продуктов, при лабораторно-клинических исследованиях крови и др.

**Термодинамика**

Термодинамическая система и ее параметры. Работа газа при изменении его объема. Внутренняя энергия системы. Количество теплоты. Виды теплообмена. Первое начало термодинамики. Применение первого начала к изопроцессам. Адиабатический процесс. Энтропия. Скорость изменения энтропии и стационарное состояние. Формула Больцмана. Цикл Карно. КПД. Охлаждение до температур ниже температуры окружающей среды. Калорийность продуктов.

**Электрическое поле**

Электрические заряды. Взаимодействие электрических зарядов. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Потенциал. Связь между напряженностью и разностью потенциалов. Работа по перемещению заряда в электрическом поле. Электрические свойства веществ. Энергия электрического поля. Электрическая емкость. Конденсаторы.

**Постоянный электрический ток**

Электрический ток. Сила тока. Плотность тока. Сопротивление. Соединение проводников. Законы Ома. Электрический ток в электролитах. Законы электролиза. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Работа тока. Закон Джоуля-Ленца. **Магнитное поле**

Постоянное магнитное поле и его характеристики. Магнитный поток. Взаимодействие проводников с током. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле. Магнитные свойства вещества. Энергия магнитного поля. Действие магнитного поля на электрические заряды: сила Лоренца, сила Ампера. Движение электрических зарядов в магнитном поле.

**Электромагнитные волны. Фотометрия**

Электромагнитные волны. Уравнение электромагнитной волны. Шкала электромагнитных волн. Объемная плотность энергии электромагнитного поля. Когерентность волн. Интерференция света. Дифракция света. Дифракционная решетка. Поляризация света. Дисперсия света. Прямолинейное распространение света. Отражение света. Явление полного внутреннего отражения. Преломление света. Линзы. Характеристики линз. Формула тонкой линзы. Построение изображения при помощи линз

Источники света. Световой поток. Сила света. Светимость. Яркость. Поглощение света. Закон Бугера. Поглощение света растворами. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Коэффициенты пропускания, оптическая плотность вещества. Освещенность. Основной закон освещенности.

**Атомная и ядерная физика**

Частица в сферическом симметричном поле. Водородоподобный атом. Опыты Франка и Герца. Принцип запрета Паули. Нуклонная модель ядра. Протоны и нейтроны. Дефект масс. Энергия связи и устойчивость ядра. Ядерные реакции. Радиоактивное излучение. Закон радиоактивного распада. Закон смещения.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И

ВЫПОЛНЕНИЮ **КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

**1.** За время изучения курса студент- заочник должен представить в учебное заведение контрольную работу. **Вариант** соответствует последней цифре номера зачетной **книжки.**

**2.** Работа, присланная на рецензию, должна быть выполнена чернилами в отдельной ученической тетради в клетку. Бланк задания приклеивается к внутренней стороне обложки.

**Образец оформления обложки:**

Контрольная работа по физике

Шифр \_\_\_\_\_\_\_\_

студента(ки) ФГБОУ ВО СтГАУ

специальности \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1 курса \_\_\_\_\_\_\_\_\_группы

Иванова И.И.

**3.** Условия задач в контрольной работе надо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставлять поля.

**4.** В конце контрольной работы указать, каким учебником или учебным пособием студент пользовался при изучении физики. Это делается для того, чтобы рецензент в случае необходимости мог указать, что следует студенту изучить для завершения контрольной работы.

**Пример оформления списка использованной литературы:**

КНИГИ

1.Дмитриева, В. Ф. Основы физики/ В. Ф. Дмитриева, В.Л. Прокофьев, П.И. Самойленко. – М.: Высшая школа, 1997. – 447 с.

2. Грабовский, Р.И. Курс физики/Р.И. Грабовский.- М.: Высшая школа, 2002, 2009.

3.Трофимова, Т.И. Курс физики/Т.И. Трофимова.- М.: Наука, 2003, 2004, 2007, 2008, 2009.

СТАТЬИ ИЗ СБОРНИКОВ

1. Боголюбова, И. А. Методическая разработка деловой игры «Путешествие по школе электромагнитных волн» / И. А. Боголюбова, Е. И. Рубцова // Вестник инновационных и исследовательских работ в образовании : сб. науч. тр. / СтГАУ. – 2011. – Вып. 3. - С. 7–11.

**5.** Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, решения которых оказались неверными. Повторную работу необходимо представить вместе с незачтенной.

**6.** Зачтенные контрольные работы предъявляются экзаменатору. Студент должен быть готов во время экзамена дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

**7.** Решения задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями; в тех случаях, когда это возможно, дать чертеж, выполненный с помощью чертежных принадлежностей.

**8.** Решать задачу надо в общем виде, т. е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.

**9.** После получения расчетной формулы для проверки правильности ее следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин обозначения единиц этих величин, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.

**10.** Числовые значения величин при подстановке их в расчетную формулу следует выражать только в единицах СИ. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.

**11.** При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать 3,52⋅103, вместо 0,00129 записать 1,29⋅10-3 и т. п.

**Краткая теория и примеры решения задач**

**Кинематика**

Перемещение тела определятся следующим образом:

1) координатный способ ;

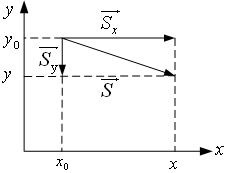


Рисунок 1 Определение перемещения тела методом координат.

2) векторный способ .

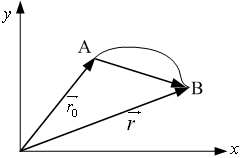


Рисунок 2 Определение перемещения тела векторным способом.

**Средняя скорость** - векторная физическая величина, модуль которой численно равен отношению приращения радиус-вектора  к промежутку времени :

.

Направление вектора  совпадает с направлением вектора .

**Мгновенная скорость** - векторная физическая величина, модуль которой численно равен производной радиус-вектора  по времени :

.

**Среднее ускорение**– векторная физическая величина, модуль которой равен отношению изменения скорости к промежутку времени

.

Единица измерения ускорения в СИ – м/с 2 .

**Мгновенное ускорение** - векторная физическая величина, модуль которой численно равен производной скорости по времени :

.

Если материальная точка движется по криволинейной траектории, то ее скорость изменяется не только по величине, но и по направлению. Вектор ускорения параллелен вектору изменения скорости и может составлять с вектором скорости произвольный угол. Тогда вектор ускорения можно разложить на две составляющие, направленные по касательной и перпендикулярно к вектору скорости.



Рисунок 3 Составляющие ускорения при криволинейном движении.

1) **тангенциальное ускорение** – характеризует изменение скорости по величине, совпадает по направлению с вектором скорости, ;

2) **нормальное ускорение** – характеризует изменение скорости по направлению, перпендикулярно вектору скорости

,

где R – радиус кривизны траектории.

Полное ускорение определяется по формуле

.

Если материальная точка движется по окружности, то с течением времени радиус (отрезок, соединяющий центр окружности и материальной точки в каждый момент времени) поворачивается на угол . Элементарные повороты можно рассматривать как псевдовекторы. Модуль вектора  равен углу поворота , выраженный в радианах, а направление данного вектора определяется по правилу буравчика.

Правило буравчика: если ручку буравчика вращать по направлению движения материальной точки по окружности, то поступательное движение буравчика совпадет с направлением углового перемещения.

**Средняя угловая скорость** – векторная физическая величина, модуль которой численно равен отношению:

.

Единицы измерения угловой скорости рад/с.

**Мгновенная угловая скорость** – векторная физическая величина, модуль которой численно равен производной угла поворота по времени:

.



Рисунок 4 Линейная и угловая скорости материальной точки.

**Период** – время, за которое тело совершает один полный оборот.

**Частота** – число оборотов в единицу времени.



**Циклическая частота** – число оборотов, совершенных за  секунды.



**Среднее угловое ускорение** – векторная физическая величина, модуль которой равен отношению изменения угловой скорости  к промежутку времени :

.

Единица измерения ускорения в СИ – рад/с 2 .

**Мгновенное угловое ускорение** – векторная физическая величина, модуль которой численно равен производной угловой скорости по времени:

.

Формулы связи линейных и угловых величин.

Дуга окружности связана с радиусом этой окружности соотношением

.

Линейная и угловая скорости связаны соотношением



Тангенциальное ускорение связано с угловым соотношением

.

Нормальное ускорение связано с угловой скоростью соотношением

****

Таблица 1. Кинематические уравнения поступательного и вращательного движения.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид движения | Поступательное | Вращательное |
| Равномерное |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Равнопеременное |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Неравномерное |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

№ 1. Движение материальной точки, перемещающейся по прямой, задано уравнением . В интервале времени от 1 до 2 секунд найти среднюю скорость движения, мгновенные скорости и ускорения в начале пути.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  S = 4t3 + 2t + 1  t1 = 1c  t2 = 2с | **Решение:**  По определению средней скорости , где  S1 = 4∙13 + 2∙1 + 1 = 7 м  S2 = 4∙23 + 2∙2 + 1 = 37 м    Мгновенная скорость есть первая производная |
| − ?  υ1 − ?; υ2 − ?;  а1 − ?; а2 − ?. |

перемещения по времени 

; 

Мгновенное ускорение есть первая производная скорости по времени



; .

**Ответ:**; ; .

№ 2. Движение двух тел описывается уравнениями , . Определить величину скоростей этих тел и момент времени, когда ускорения их будут одинаковыми.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**      а1 = а2 | **Решение:**  Мгновенная скорость есть первая производная перемещения по времени:  υ1 = 2,25t2 + 4,5t + 1  υ2 = 0,75t2 + 6t + 1,5 |
| υ1 − ? υ2 − ?  t − ? |

Мгновенное ускорение есть первая производная скорости по времени: a1 = 4,5t + 4,5

a2 = 1,5t + 6

По условию ускорения одинаковы, значит

4,5t + 4,5 = 1,5t + 6

4,5t − 1,5t = 6 − 4,5

3t = 1,5

t = 0,5 с

υ1 = 2,25∙0,52 + 4,5∙0,5 + 1 = 0,56 + 2,25 + 1 =3,81 м/с.

υ2 = 0,75∙0,52 + 6∙0,5 + 1,5 = 0,19 +3 +1,5 = 4,7 м/с.

**Ответ:** t = 0,5 с; υ1 =3,81 м/с; υ2 = 4,7 м/с.

№ 3. Скорость материальной точки задана уравнением . Определить путь, пройденный телом за промежуток времени от 5-ой до 7-ой секунды.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  υ = 5 + 2t  t1 = 5 c  t2 = 7 c | **Решение:**  Путь при неравномерном движении определяется как интеграл зависимости скорости по времени в требуемых пределах |
| S− ? |



**Ответ:** 

№ 4. Косилка – измельчитель предназначена для скашивания травы и одновременного измельчения кормов для скота. Зависимость угла поворота барабана косилки КС-1 от времени задается уравнением . Найти угловую скорость вращения барабана и линейную скорость точек на его поверхности через 10 сот начала движения. Диаметр барабана 0,5 м.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**    t = 10 с;  d = 0,5 м;  R = 0,25 м | **Решение:**  Мгновенное угловое ускорение есть вторая производная углового перемещения по времени:    Мгновенная угловая скорость есть первая |
| − ? − ? |

производная углового перемещения по времени:



Мгновенное угловое ускорение есть первая производная угловой скорости по времени:

; 

Скорость связана с угловой скоростью соотношением:



= 0,6 + 75 = 75,6

= 18,9 м/с.

**Ответ:**= 18,9 м/с.

№ 5. Зависимость угла поворота от времени для точки, лежащей на ободе колеса, задается уравнением . К концу 3-ей секунды эта точка получила нормальное ускорение, равное 153 м/с 2 . Определить радиус колеса.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**    t = 3 c;  an = 153 м/с2 | **Решение:**  Нормальное ускорение определяется по формуле:    Скорость связана с угловой скоростью |
| R− ? |

соотношением: 

Подставим: 

Угловая скорость есть первая производная углового перемещения по времени: 

Значит: 



**Ответ:**

№ 6. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону . Найти величину и направление полного ускорения точки, находящейся на расстоянии 0,1 м от оси вращения для момента времени t=4 с.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**    0,1 м  t = 4 c | **Решение:**  Полное ускорение определяется по теореме Пифагора  Нормальную составляющую ускорения определим по формуле: |
| a − ? |

Угловая скорость есть первая производная углового перемещения по времени: рад/с



Тангенциальную составляющую ускорения найдем по формуле: 

Угловое ускорение есть первая производная угловой скорости по времени:

рад/с

м/с2

Получим: м/с2

**Ответ:** 

№ 7. Линейная скорость вентилятора веялки на его периферии должна быть равна 9 м/с. С каким угловым ускорением вращается вентилятор, если его диаметр 1,2 м и он достигает этой скорости через 3 мин? Сколько оборотов сделал за это время вентилятор?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  = 9 м/с  = 1,2 м  = 0,6 м  = 3 мин | **СИ:**  180 с | **Решение:**  Скорость связана с угловой скоростью соотношением:  Получим:  рад/с  Вращение вентилятор начинает из состояния покоя, |
| − ?  − ? |

значит .

По определению среднего углового ускорения 

рад/с2

Угловое перемещение может быть найдено по формулам:



Приравняем правые части уравнений: , получим 



**Ответ:** рад/с2;

№ 8. С какой частотой вращается колесо автомобиля ГАЗ – 63, если радиус колеса 0,475 м, а скорость движения автомобиля 54 км/ч?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  = 0,475 м  = 54 км/ч | **СИ:**  15 м/с | **Решение:**  Скорость связана с угловой скоростью соотношением  Преобразуем: |
| − ? |

Модуль угловой скорости численно равен циклической частоте вращения:



Приравняем правые части уравнений: , получим





**Ответ:** 

**Динамика вращательного движения**

**Момент инерции материальной точки** – скалярная физическая величина, численно равная произведению массы точки на квадрат расстояния:

.

где  - масса материальной точки, - расстояние от оси вращения до материальной точки.

Основной единицей измерение момента импульса в СИ является - .

Таблица 2. Моменты инерции тел правильной геометрической формы относительно оси, проходящей через центр масс.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тело | Момент инерции | Тело | Момент инерции |
| Тонкий стержень |  | Диск (цилиндр) |  |
| Тонкостенное кольцо (обруч) |  | Шар |  |

Теорема Штейнера: момент инерции тела I относительно некоторой оси равен моменту инерции тела I0 относительно параллельной оси, проходящей через центр масс тела, плюс произведение массы тела на квадрат расстояния между осями d.





Рисунок 5 Оси вращения твердого тела: ОО проходит через центр масс тела, не проходит через центр масс тела.

**4.2**

**Плечо силы** – перпендикуляр, опущенный из центра вращения на направление действия силы.

**Момент силы относительно точки** - векторная физическая величина, модуль которой численно равен произведению силы на плечо силы:



Основной единицей измерения момента силы в СИ является – .

Направление этого вектора определяется по правилу буравчика.

Основное уравнение динамики вращательного движения материальной точки: угловое ускорение материальной точки при ее вращении вокруг неподвижной оси пропорционально вращающему моменту и обратно пропорционально моменту инерции.



**Момент импульса** - псевдовектор, модуль которого равен произведению момента инерции тела на угловую скорость:



Направление этого вектора определяется по правилу буравчика.

Основной единицей измерения момента импульса в СИ является .

Связь угловых и линейных величин: .

- производная момента импульса тела по времени равна равнодействующему моменту всех внешних сил.

Закон сохранения момента импульса: если на вращающееся тело не действуют внешние силы или их результирующий момент равен нулю, то момент импульса относительно оси вращения есть величина постоянная.

 или 

Если в этих условиях изменяется момент инерции тела, то соответственно изменяется и его угловая скорость.

Для того чтобы тело, имеющее в начальный момент некоторую скорость, двигалось затем равномерно по окружности, необходимо, сохраняя неизменной величину скорости, изменять непрерывно ее направление таким образом, чтобы при любом положении тела она оставалась касательной к окружности. Для этого на тело при любом его положении должна действовать сила, направленная перпендикулярно к касательной, то есть к центру окружности. Такая сила называется центростремительной.

№1 Определить момент инерции стержня относительно оси, проходящей через его край, если масса стержня2,1кг, длина 0,8 м.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:** | **Решение:**  По теореме Штейнера . Момент инерции стержня относительно оси, проходящей через центр масс равен |
|  |

Расстояние между осями по условию равно:.

Получим 



**Ответ:** 

№2 Диск радиусом 20 см и массой 5 кг вращается с частотой 8 Гц. При торможении он остановился через 4 с. Определить тормозящий момент сил.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**      Гц  Гц | **СИ:**  0,2м | **Решение:**  Момент инерции диска относительно оси, проходящей через центр масс, определяется по формуле:  По определению среднего углового ускорения  Модуль мгновенной угловой скорости равен циклической частоте |
|  |

По основному уравнению динамики вращательного движения .

Получим:







**Ответ:** 

№3 Горизонтальная платформа массой 25 кг и радиусом 0,8 м вращается с частотой 18 об/мин. В центре стоит человек и держит в расставленных руках гири. Считая платформу диском, определите частоту вращения платформы, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от 3,5 до 1 .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:**  0,3 Гц | **Решение:**  Систему платформа-человек можно считать замкнутой, следовательно для нее выполняется закон сохранения момента импульса. По закону сохранения момента импульса    Момент инерции системы определяется как сумма моментов инерции тел, входящих в систему: |
|  |



Циклическая частота связана с частотой вращения соотношением: .

Получим



Произведем сокращения







**Ответ:** 

№4. Для изучения упругих напряжений, возникающих в костной ткани, компактную часть бедренной кости животного приводят во вращательное движение относительно ее оси с угловым ускорением 3 рад/с2. Считая кость полым цилиндром с внешним диаметром 20 мм и внутренним диаметром 10 мм, определить кинетическую энергию кости через 20 сот начала вращения. Масса кости 100 г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**            . | **СИ:** | **Решение:**  Кинетическая энергия вращающегося твердого тела определяется по формуле: .  Считая кость полым цилиндром, вращающимся относительно его оси, напишем выражение для ее момента инерции: , где  и .  Угловая скорость тела при равноускоренном вращательном движении .  Так как , то . |
|  |

Таким образом, получим 

Проверка единиц измерения:

****

Подставим численные значения физических величин

****

**Ответ: **

№5.Цилиндрический барабан ультрацентрифуги, применяющейся для разделения высокомолекулярных соединений, имеет диаметр 20 см и массу 5 кг. Для остановки барабана, вращающегося с частотой 9000 об/мин, к нему, после выключения электродвигателя, прижали тормозную колодку. Какую силу трения нужно приложить к боковой поверхности барабана, чтобы остановить его за 20 секунд? Сколько оборотов он сделает до полной остановки? Какова будет работа силы трения?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:**    , | **Решение:**  По определению момента силы трения, приложенной к поверхности барабана , где . Считая барабан сплошным полым цилиндром, можно написать, что его момент инерции равен .  Из основного уравнения динамики вращательного |
|  |

движения  следует, что . Значит,  или .

Угловая скорость тела, вращающегося с угловым ускорением, равна . По условию задачи барабан останавливается, то  и .

Отсюда .

Для силы трения имеем выражение .

Считая вращение барабана равнозамедленным, можно написать, что величина угла поворота . Так как , то .

С другой стороны, угол поворота связан с полным числом оборотов барабана соотношением .

Приравнивая правые части последних выражений, получим: . Откуда .

Работа силы трения, необходимая для полной остановки барабана, будет равна его кинетической энергии, то есть .

Проверка единиц измерения:

****

****

Подставим численные значения физических величин: 





**Ответ:** , , .

**Гидростатика и гидродинамика**

**Механическое давление (или просто давление)** - физическая величина, численно равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности к площади этой поверхности:



Основной единицей давления в СИ является .

Внесистемными единицами измерения давления являются:

1 мм рт. ст. = 133 Па;

.

**Гидростатическое давление** - давление, обусловленное весом жидкости.



Закон Паскаля: внешнее давление, оказываемое на жидкость (или газ), распространяется во все стороны без изменения.

**Коэффициент поверхностного натяжения** - физическая величина, численно равная отношению работы, затраченной на создание некоторой поверхности жидкости при постоянной температуре, к площади этой поверхности:

.

Основной единицей измерения коэффициента поверхностного натяжения в СИ является Дж/м2.

**Коэффициент поверхностного натяжения** – физическая величина, численно равная отношению силы поверхностного натяжения к длине отрезка, на который действует эта сила:

.

.

Краевой угол θ – угол между касательными к поверхности жидкости и твердого тела. Для смачивающей жидкости , для несмачивающей - . Если θ=0, то имеет место полное смачивание – жидкость растекается по поверхности твердого тела (керосин на стекле); если θ=1800 , то имеет место полное несмачивание – жидкость стягивается в шаровую каплю, в пределе имея с ней только одну точку соприкосновения (вода на парафине).

Добавочное давление под искривленной поверхностью жидкости выразится формулой Лапласа:

,

где R1 и R2 – радиусы кривизны двух любых взаимно перпендикулярных нормальных сечений поверхности жидкости в данной точке.

Высота перемещения жидкости по капилляру определяется по формуле Жюрена:

.

Опытным путем было установлено, что важнейшей характеристикой течения является безразмерная величина, называемая числом Рейнольдса:

,

где- плотность жидкости, - средняя (по сечению трубы) скорость потока, - диаметр круглой трубы, - коэффициент вязкости (коэффициент внутреннего трения).

При достаточно малых значениях наблюдается ламинарное течение. При(критическое значение) ламинарное течение переходит в турбулентное. Для гладких труб, например .

Уравнение неразрывности стру:.

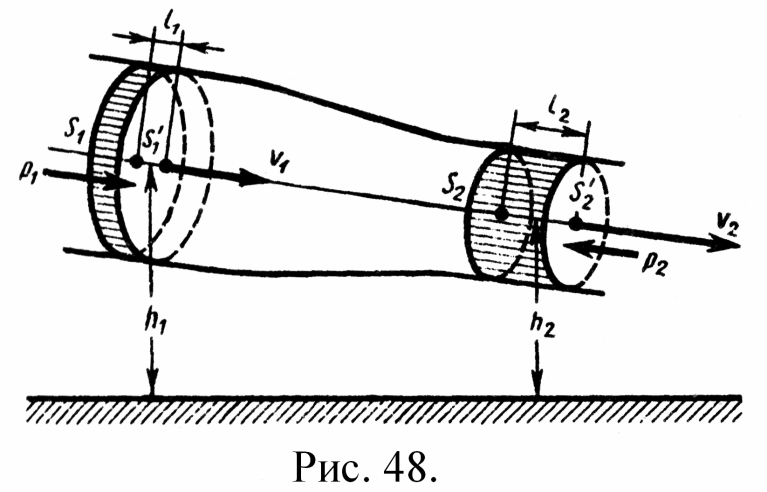


Рисунок 8 Течение жидкости в трубке тока разного сечения на разной высоте

Уравнение Бернулли.

.

где p- статическое давление,- динамическое давление.



Рисунок 9 Истечение жидкости из отверстия у дна сосуда

Формула Торричелли :

.

Сила внутреннего трения, возникающая при относительном перемещении слоев жидкости, определяется формулой Ньютона:

,

где S – площадь соприкасающихся слоев жидкости,

η – коэффициент внутреннего трения или динамической вязкости.

Объем жидкости, протекшей через горизонтальную трубу за произвольный промежуток времени определяется по закону Пуазейля:

,

где Δр – падение давления на концах трубы, t – время протекания жидкости через трубу.

Для сферического тела зависимость силы сопротивления при его движении в сосуде с жидкостью выражается законом Стокса:

,

где R – радиус шарика,  – скорость движения.

№ 1. За 15 минут по трубе диаметром 2 см протекает 50 кг воды. Найти скорость течения.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  мин  см  кг | **СИ:**  900 с  0,02 м | **Решение:**  Площадь поперечного сечения трубы (круга) равна .  Объем воды, проходящей через поперечное сечение |
|  |

трубы за время t равно 

По определению плотности:, значит .

Приравняем правые части последних двух уравнений: 

Выразим скорость течения воды .

Проведем проверку единиц измерения: 

Подставим численные значения физических величин:



**Ответ:**  ≈ 0,18 м/с.

№ 2.Скорость течения воды в некотором сечении горизонтальной трубы 5 см/с. Найти скорость течения в той части трубы, которая имеет вдвое меньший диаметр.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:**  0,05 м/с | **Решение:**  По уравнению неразрывности струи: .  Площадь круга равна . |
|  |



Подставим :

, проведем сокращения 

Выразим скорость во втором сечении трубы 

Подставим численные значения физических величин = 8 м/с

**Ответ:** 

№3**.** В дождевальной установке вода подается сначала по трубе диаметром 40 мм, а затем по трубе диаметром 24 мм. Статические давления в широкой и узкой частях трубы равны соответственно 150 кПа и 60 кПа. Определить скорость течения воды в узкой части трубы.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:** | **Решение:**  Скорость движения жидкости в горизонтальной трубе переменного сечения (без учета трения) изменяется в соответствии с уравнением Бернулли: . Кроме того, как следует из уравнения неразрывности струи, , где |
|  |

 - площадь круга.

Таким образом, неизвестная скорость  может быть выражена через искомую скорость  следующим образом: .

Получим, .

Отсюда .

Следовательно, .



Проверка единиц измерения:

****

Подставим численные значения физических величин:



**Ответ:** .

№ 4. В дно цилиндрического бака диаметром 1,6 м, заполненного подсолнечным маслом, впаян кран. Диаметр трубки крана 0,03 м. Высота уровня подсолнечного масла в баке равна 1,5 м, плотность масла 930 кг/м3. Определить, с какой скоростью вытекает масло из крана.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  = 1,6 м  = 0,03 м  = 1,5 м | **Решение:**  Площадь круга равна:  Рассчитаем площади поперечного сечения бака и крана:  ≈ 2 м2; ≈ 0,0007 м2 |
|  |

Можно считать, что S1>>S2.

По формуле Торричелли определим скорость масла при вытекании из крана



Подставим численные значения физических величин:  5,4 м/с.

**Ответ:** 

№ 5. На какую высоту h поднимается вода в вертикальной трубке, впаянной в узкую часть горизонтальной трубы диаметром 4 см, если в широкой части трубы диаметром 6 см скорость воды 40 см/с, а давление Па?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  см  см  см/с  Па | **СИ:**  0,04 м  0,06 м  0,4 м/с | **Решение:**  По уравнению неразрывности струи: .  Площадь круга равна .  Подставим : |
|  |

проведем сокращения 

Выразим скорость во втором сечении трубы 

Подставим численные значения физических величин  м/с

По уравнению Бернулли для горизонтальной трубы:



Выразим перепад давления, под которым движется вода



Данное давление по закону Паскаля будет распространяться во все стороны, и под его действием вода будет подниматься по вертикальной трубке до тех пор, пока не уравновесится гидростатическим давлением: 

Выразим высоту, на которую поднимется вода: 

или 

Проведем проверку единиц измерения:



Подставим численные значения физических величин:

 м.

**Ответ:** м.

№ 6. Определить градиент скорости, действующий между слоями глицерина площадью 10 м2 при силе внутреннего трения 25 Н. Коэффициент динамической вязкости глицерина 1,48 Па с. Верхний слой имеет скорость 5 м/с. Какую скорость будет иметь слой, расположенный ниже верхнего на 30 см?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:**  0,3 м | **Решение:**  Уравнение Ньютона для вязкого трения имеет вид:    Выразим градиент скорости: |
|  |

Подставим численные значения физических величин:

= 1,69 с−1

Изменение скорости равно  или 

Приравняем правые части последних уравнений 

Выразим скорость слоя, расположенного ниже 

Подставим численные значения физических величин:

=5 − 1,69∙0,3 = 5 − 0,507 = 4,493 ≈ 4,5 м/с.

**Ответ:** 

№ 7.Как изменится высота поднятия спирта между двумя пластинками, погруженными в спирт, если расстояние между ними уменьшить с 1 мм до 0,5 мм? Смачивание пластинок считать полным.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  = 1 мм  = 0,5 мм  = 800 кг/м3  = 0 | **СИ:**  10−3 м  5∙10−4 м | **Решение:**  Уравнение Лапласа для дополнительного давления имеет вид  где коэффициент поверхностного натяжения воды при температуре 200С, |
| − ? |

R1и R2- радиусы кривизны поверхностей воды.

При нахождении воды между двумя пластинами одна из поверхностей цилиндрическая, следовательно.

Причём 

Получим 

Это давление уравновешивает гидростатическое давление жидкости

Выразим высоту поднятия жидкости между пластинами: 

Значит, ; ;



Подставим численные значения физических величин



**Ответ:** 5,61∙10−3 м.

№ 8. Из капиллярной трубки с радиусом канала 0,2 мм по капле вытекает жидкость. Масса 100 капель равна 0,282 г. Определить КПН жидкости.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  = 0,2 мм  = 0,282 г  = 100 | **СИ:**  2∙10−4 м  0,282∙10−3 кг | **Решение:**  Капля отрывается в тот момент, когда её сила тяжести равна силе поверхностного натяжения.  Будем считать радиус шейки капли равным радиусу капилляра. Тогда сила тяжести, |
| − ? |

действующая на каплю равна ;

Массу одной капли можно найти следующим образом 

Значит, .

Сила поверхностного натяжения, действующая на каплю равна , где - длина окружности

Приравняем значения сил 

Выразим коэффициент поверхностного натяжения 

Проведем проверку единиц измерения



Подставим численные значения физических величин

 Н/м

**Ответ:**  Н/м.

№. 9.Определить радиус капилляра, в котором спирт поднимается на высоту 8 см.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:** | **Решение:**  Высота поднятия смачивающей жидкости в капилляре определяется формулой Жюрена: .  Будем считать, что имеет место полное смачивание стенок капилляра спиртом, тогда и .  Тогда для радиуса капилляра получим: . |
|  |

Проверка единиц измерения:

****

Подставим численные значения физических величин:



**Ответ:** .

№. 10.В сосуде находится сыворотка крови. На глубине 25 см от поверхности жидкости образовался пузырек воздуха диаметром 10 мкм. Определить давление воздуха в пузырьке, если атмосферное давление равно 750 мм рт ст.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:** | **Решение:**  Давление воздуха внутри пузырька равно сумме трех давлений:  1) атмосферного давления ;  2) давления собственного веса жидкости на глубине , равное;  3) давления, создаваемого изогнутой поверхностью жидкости, определяемого |
|  |

формулой Лапласа для сферической поверхности , где .

Таким образом, давление внутри пузырька равно: .

Подставим численные значения физических величин:



**Ответ: .**

**Механические колебания и волны. Звук.**

Скорость распространения волны определяется свойствами упругой среды. Так, скорость волны в газе можно вычислить по формуле Лапласа:

,

где М – молярная масса, Т – температура, R – универсальная газовая постоянная, γ – коэффициент Пуассона.

**Длина волны** - наименьшее расстояние между двумя частицами в волне, которые колеблются в одинаковых фазах. Очевидно, это будет расстояние, которое волна проходит за время, равное одному периоду колебания частиц:

.

**Уравнение волны** – это формула, позволяющая найти смещение частиц среды, в которой распространяется волна. Пусть S – величина смещения частицы от положения равновесия.

Профиль волны в координатах (S, X) будет иметь форму синусоиды.



Рисунок 6 График волны

**Волновое число** (4.4) - величина, которая показывает, сколько длин волн укладывается на отрезке длиной 2π метров.

Уравнение бегущей плоской волны примет вид:

.

Физические характеристики звука.

1. Частота звука. Человек слышит звук в диапазоне 16 Гц – 20 кГц.

2. Скорость звука . В воздухе , в воде , в кости . Значит, скорость звука увеличивается с увеличением плотности среды. В вакууме звук не распространяется: там нет среды, не чему совершать колебания.

3. **Объемная плотность энергии волны** - количество энергии волны, заключенное в единице объема среды:



Основной единицей измерения объемной плотности в СИ является Дж/м3.

.

4. **Интенсивность волны** – величина, численно равная количеству энергии, протекающей в единицу времени через единицу площади поверхности перпендикулярно к этой поверхности.

.

Основной единицей измерения интенсивности волны в СИ является .

5. **Акустическое (звуковое) давление** – это давление, избыточное над средним давлением среды в областях сжатия звуковой волны. Его амплитудное значение  пропорционально амплитуде, циклической частоте волны, плотности среды и скорости волны: ,

где ρ - плотность среды.

6. **Высота** (бас, тенор) – субъективная характеристика, определяемая частотой (длиной) волны. С ростом частоты высота звука увеличивается, т. е. звук становится «выше».

7. **Тембр** – субъективная характеристика оттенка (индивидуальности) звука, определяемая наличием других частот. Так, различные певцы, берущие одну и ту же ноту, имеют различный акустичес­ки спектр, т. е. их голоса имеют различный тембр.

8. **Громкость (слышимость)** – субъективная оценка силы звука, воспринимаемая нашим ухом. Для данной частоты громкость определяется величиной амплитуды колебаний.

**Порог слышимости** (или порог слухового ощущения) - наименьшая сила звука данной частоты, которая еще воспринимается ухом. Порог слышимости различен для разных частот. Наиболее чувствительно человеческое ухо для колебаний с частотами в пределах 1-3 кГц. Для этих частот порог слышимости у наиболее чувствительного уха имеет величину порядка 10-12 Вт/м2.



Рисунок 7 Диаграмма слышимости звуков

Закон Вебера – Фехнера: уровень громкости звука пропорционален логарифму отношения интенсивности данного звука к порогу слышимости

.

№1. Электроэнцефалограф регистрирует колебания биопотенциалов головного мозга. Колебания альфа - ритма имеют период 1/12 с. Определить частоту этого колебания. Записать уравнение колебаний, считая их гармоническими. Амплитуда колебаний равна 50 мкВ.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  с  А = 50 мкВ. | **Решение:**  Частота связана с периодом колебаний соотношением  12 Гц  Уравнение колебаний в общем виде имеет вид: |
| − ?  − ? |

Подставим численные значения и получим:



**Ответ:**  12 Гц, 

№2.Для получения аэрозолей лекарственных веществ их диспергируют ультразвуком с частотой 5 МГц. Написать уравнение движения частички аэрозоля, совершающей колебания под действием ультразвука, если амплитуда колебаний равна 2 мкм.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:** | **Решение:**  Уравнение смещения материальной точки при гармоническом колебательном движении записывается в виде: , |
|  |

где  - циклическая частота,  - начальная фаза.

Тогда . Будем считать, что .

Получим уравнение колебания .

**Ответ:** .

№3. Акустическая волна может быть представлена уравнением . Определить амплитуду волны, частоту колебаний, длину волны, скорость распространения волны.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:** | **Решение:**  Уравнение плоской волны в общем виде имеет вид:  Сравнивая с , получим м |
| − ?  − ?  − ?  − ? |

Циклическая частота связана с частотой колебаний частиц соотношением: ; Гц;

Волновое число может быть найдено по формуле:

; м;

Длина волны определяется по формуле:

; м/с.

**Ответ:** м; 

№ 4. Во сколько раз скорость звука в водороде при температуре 200С отличается от скорости звука в азоте при температуре 300С?

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  кг/моль  К  кг/моль  К | **Решение:**  Скорость звука в газе определяется по формуле Лапласа:    Составим соотношение |
|  |

Подставим численные значения, получим  раз.

**Ответ:** 

№ 5. Шум на улице достигает уровня 65 дБ. Такой шум приводит к ухудшению физиологического состояния коров и, в частности, к падению их молочной продукции. Во сколько раз надо уменьшить интенсивность звука в коровнике (за счет звукоизоляции) по сравнению с улицей, чтобы уровень шума в нем был не более 45 дБ?

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:** | **Решение:**  Уровень шума определяется на основании закона Вебера-Фехнера:  Найдем изменение уровня звука за счет изоляции: |
|  |

;

Выразим десятичный логарифм отношения интенсивностей звуков:



Используя свойства логарифмов, получим:



Подставим численные значения:



**Ответ:** интенсивность звука изменяется в 100 раз.

№6.В лабораторном помещении, находящемся в здании птичника, уровень интенсивности шума достигал 80 дБ. С целью уменьшения шума было решено обить стены лаборатории звукопоглощающим материалом, уменьшающим интенсивность звука в 1500 раз. Какой уровень интенсивности шума станет после этого в лаборатории?

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  дБ | **Решение:**  Уровень интенсивности звука определяется по закону Вебера – Фехнера , где  - порог звукового ощущения.  При изменении интенсивности звука изменение уровня интенсивности звука будет равно: |
|  |

Отсюда .



Подставим численные значения физических величин:

дБ

**Ответ:** дБ

**Термодинамика**

Для идеального газа внутренняя энергия равна:

.

1. **Изотермический процесс** – изменение состояния газа, происходящее при постоянной температуре .

Закон Бойля-Мариотта: для данной массы газа при постоянной температуре произведение давления газа на его объем есть величина постоянная



или давление газа данной массы при постоянной температуре изменяется обратно пропорционально объему.

2. **Изобарный процесс**–изменение состояния газа, при котором его давление остается постоянным .

Закон Гей-Люссака: для данной массы газа при постоянном давлении отношение его объема к температуре есть величина постоянная



или объем данной массы газа при постоянном давлении возрастает линейно с увеличением температуры.

3. **Изохорный процесс**–– изменение состояния газа, происходящее при постоянном объеме .

Закон Шарля: для данной массы газа при постоянном объеме отношение его давления к температуре есть величина постоянная



или давление газа данной массы при постоянном объеме возрастает линейно с увеличением температуры.

Механическая работа термодинамической системы против действующих на нее внешних сил

.

Работа, совершаемая газом при расширении в различных процессах:

1) при изохорном процессе ;

2) при изобарном процессе ;

3) при изотермическом процессе .

Первое начало термодинамики: теплота, подведенная к системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил:

.

Для малого изменения энтропии:

.

Интегрируя последнее выражение, получим

,

где S1 и S2 – значения энтропии в состояниях 1 и 2, ΔS – изменение энтропии, то есть изменение энтропии в любом процессе, переводящем систему из состояния 1 в состояние 2, равно приведенному количеству теплоты, переданному системе в этом процессе.

Второе начало термодинамики: в изолированных системах возможны лишь такие процессы, при которых энтропия не убывает. Она постоянна, если процессы обратимы, и возрастает, если процессы необратимы; неравенство Клаузиуса: 

Если система не изолирована, то ее энтропия может вести себя произвольным образом. Если система отдает тепло (DQ<0), то ее энтропия убывает. Если такая система совершает замкнутый цикл, то энтропия в конце цикла буде равна исходному значению, то есть ее изменение равно нулю.

**Коэффициентом полезного действия** (КПД) тепловой машины называется отношение полезно используемой энергии ко всей затраченной энергии:

.

КПД цикла Карно ,

где  - температура нагревателя,  - температура холодильника.

**КПД мышцы** есть отношение энергии, затрачиваемой мышцей на совершение механической работы, ко всей энергии, освобождающейся внутри мышцы при полном окислении пищевых веществ.



Уравнение энергетического баланса живого организма:



**Удельная теплопродукция животных** - выработка и потеря энергии единицы массы животного.



Закон Фурье: количество теплоты, переносимое системой через поверхность площадью S, расположенную перпендикулярно потоку, пропорционально величине градиента температуры и времени переноса Δτ с учетом свойств вещества, определяемых коэффициентом теплопроводности χ:

,

где Δх – слой вещества, - коэффициент теплопроводности.

Тепловой поток, передаваемый от нагретой поверхности к омывающей его среде, при установившемся процессе прямо пропорционален площади S поверхности и разности между температурой Тт поверхности и средней температурой Тср среды. Количество тепла, передаваемое от поверхности к среде, рассчитывается по формуле:

,

где α – коэффициент теплоотдачи при конвекции.

При испарении вырываются наиболее быстрые молекулы, средняя энергия оставшихся молекул уменьшается, уменьшая тем самым температуру жидкости.



**Удельная теплота парообразования**r – это количество теплоты, необходимое для получения пара из жидкости массой 1 кг.

Для воды .

Поскольку каждое тело излучает само и в то же время получает энергию излучения от окружающих тел, то суммарный поток равен разности потоков, излучаемых и поглощаемых данным телом и количество теплоты, передаваемое путем излучения между двумя параллельными поверхностями, выражается формулой:

,

где ε – поправочный коэффициент, который учитывает отличие данного тела от абсолютно черного, –температура тела, Тср –температура окружающей среды.

№1.Определить коэффициент теплопроводности тазовой кости лошади, если через площадку этой кости размером  и толщиной 5 мм за час проходит 68 Дж теплоты. Разность температур между внешней и внутренней поверхностями кости равна 10С.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:** | **Решение:**  Считая, что для данного случая можно применить закон теплопроводности Фурье, запишем . Отсюда  Проверка единиц измерения: |
|  |

Подставим численные значения физических величин:



**Ответ:** .

№. 2. Какое количество эфира, находящегося при температуре кипения, должно испариться, чтобы энтропия увеличилась на 200 ?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:** | **СИ:** | **Решение:**  Изменение энтропии определяется по формуле: . Поскольку в данной задаче упоминается парообразование при постоянной температуре, то . Следовательно, |
|  |

Проверка единиц измерения:

 **.**

Подставим численные значения физических величин:



**Ответ:** .

№ 3Кислород массой 0,45 г имеет в начальном состоянии объем 2 л и температуру 10оС, а в конечном - объем 10 л и температуру 50оС. Найти изменение энтропии кислорода при переходе из первого состояния во второе.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  m=4,5.10-4кг  V1=2.10-3м3  Т1=283К  Т2=323К  V2=10-2м3 | **Решение:**  Изменение энтропии может быть записано . Согласно первому началу термодинамики  , где .  Тогда . |
| ΔS - ? |

Давление газа выразим из уравнения Менделеева-Клапейрона: .

Тогда ,

а изменение энтропии:  ;

ΔS=4,5.10-4 [0,65 ln (323/283)+8,31 ln 5]/(32.10-3) = 190 Дж/К.

**Ответ:** ΔS = 190 Дж/К.

№4 0,3 кг льда, взятого при температуре -40оС, превращается в пар при атмосферном давлении. Найти изменение энтропии.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  m=0,3 кг  Т1=233К  Т2=373К  с1=2,09.103Дж/(кг.К)  с2=4,19.103Дж/(кг.К)  L=3,35.105 Дж/кг  r=2,26.105 Дж/кг | **Решение:**  Так как энтропия - функция аддитивная (суммирующаяся), то общее изменение энтропии равно сумме изменений ее в различных процессах:  .  При нагревании льда от -40 до 0 оС теплота, полученная льдом: , а изменение энтропии: |
| ΔS - ? |



При плавлении льда температура его остается постоянной, поэтому .

Изменение энтропии при нагревании воды от 0 до 100оС: .

При испарении воды при постоянной температуре 100оС: . Общее изменение энтропии:



Подставим численные значения величин из условия задачи, сделаем вычисления, получим: ΔS=2640 Дж/К.

**Ответ:** ΔS=2640 Дж/К.

**Электрическое и магнитное поля**

Электрический заряд тела равен: , где  число протонов, число электронов, .

Закон сохранения электрического заряда: электрические заряды не создаются и не исчезают, а только передаются от одного тела к другому или перераспределяются внутри данного тела

.

Закон Кулона: сила взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна произведению их величин, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

,

где , - электрическая постоянная.

Напряженность электрического поля – векторная физическая величина, модуль которой равен отношению силы, действующей на заряд со стороны электрического поля, к величине заряда:



Основной единицей измерения напряженности в СИ является .

Принцип суперпозиции: напряженность электрического поля, созданного множеством покоящихся зарядов равна векторной сумме напряженностей электрических полей отдельных зарядов:



Потенциал электрического поля скалярная физическая величина, равная отношению потенциальной энергии заряда, находящегося в электрическом поле, к величине этого заряда:



Основной единицей измерения потенциала в СИ является .

Относительная диэлектрическая проницаемость среды

Магнитная индукция – векторная физическая величина, модуль которой равен отношению силы, действующей на проводник с током со стороны магнитного поля, к произведению длины проводника и тока в проводнике:

.

Основной единицей измерения магнитной индукции в СИ является тесла (Тл).

Принцип суперпозиции: индукция магнитного поля, созданного множеством движущихся зарядов равна векторной сумме индукций магнитных полей отдельных зарядов:

.

Относительная магнитная проницаемость среды,

где В – индукция поля в среде, В0 – индукция поля в вакууме.

Магнитная индукция поля, создаваемого прямолинейным проводником с током на расстоянии b от него, равна  ,где α1 – угол между направлением тока в начале проводника и направлением на точку О, в которой определяется В; α2 – угол между направлением тока в конце проводника и направлением на точку О из конца проводника.

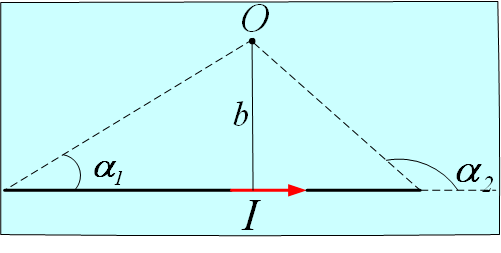


Рисунок 11.12 Магнитная индукция поля прямого тока.

Магнитная индукция поля, созданного током, текущим по окружности в её центре, равна .

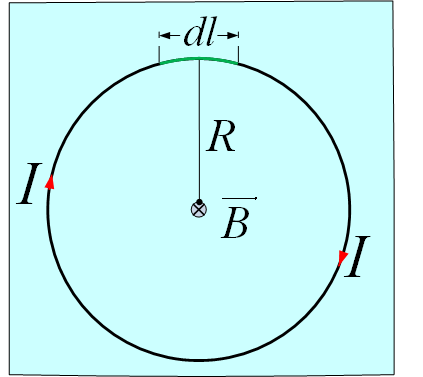


Рисунок 12.12 Магнитная индукция в центре кругового тока.

Сила Лоренца - сила, действующая со стороны магнитного поля на движущийся в нем электрический заряд



где  - угол между векторами  и . Эта формула еще раз показывает, что магнитное поле не действует на покоящиеся электрические заряды.

Одним из проявлений магнитного поля является его силовое воздействие на проводник с током, помещенный в магнитное поле.

Сила Ампером – сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля:

,

где α – угол между направлением тока и индукцией магнитного поля. Эта формула оказывается справедливой для прямолинейного проводника и однородного поля.

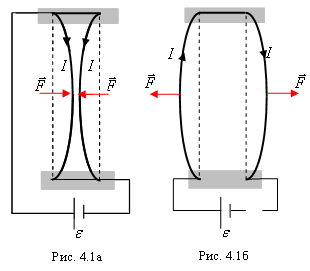


Рисунок16.12 Взаимодействие проводников с токами

Если по проводникам текут токи в одинаковых направлениях, то проводники притягиваются, а в противоположных – отталкиваются.

Сила, действующая со стороны проводника 1 на проводник 2, определяется по формуле

.

Пусть по длинному прямому проводнику М и параллельному ему отрезку проводника К длиной l текут противоположно направленные токи I1 и I2. Проводник К закреплен на расстоянии r1 от проводника М.

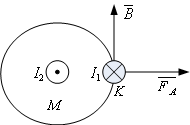


Рисунок 18.12

После открепления проводника К он сместится до расстояния r2 от проводника М. Работа по перемещению проводника К с током I1 равна:

 .

№1 Два заряда находятся в керосине () на расстоянии 1 см друг от друга и взаимодействуют с силой 2,7 Н. Величина одного заряда в 3 раза больше другого. Определить величину каждого заряда.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  = 2,7 Н    см | **СИ:**  0,01 м | **Решение:**  Сила взаимодействия точечных зарядов определяется по закону Кулона  , где |
|  |

Подставляя данные задачи, получим .

Откуда 

Подставляя численные значения физических величин, получим

Кл

Кл

**Ответ:** Кл, Кл.

№2 Вычислить ускорение, сообщаемое одним электроном другому, находящемуся от первого в вакууме на расстоянии 1 мм.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  мм  Кл | **СИ:**  0,001 м | **Решение:**  По закону Кулона электроны, находящиеся на расстоянии, взаимодействуют (отталкиваются) |
| а-? |

с силой , где .

Под действием этой силы в соответствии со вторым законом Ньютона электрон приобретает ускорение , где кг – масса электрона.

Получим .

Подставим численные значения физических величин:

м/с2

**Ответ:** м/с2

№3С каким ускорением движется электрон по направлению силовых линий однородного поля напряженностью 2,4 В/м?

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  кг  Кл  Е=2,4 В/м | **Решение:**  Напряженность электрического поля по определению равна . Значит на электрон в электрическом поле действует сила . |
| а-? |

Под действием этой силы в соответствии со вторым законом Ньютона электрон приобретает ускорение .

Получим .

Подставим численные значения физических величин:

м/с2

**Ответ:** м/с2

№4 Какую работу надо совершить, чтобы заряды 1 и 2 нКл, находящиеся в воздухе на расстоянии 0,5 м, сблизить до 0,1 м?

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  Кл  Кл  м  м | **Решение:**  Работа по перемещению точечного заряда в электрическом поле, созданном точечным зарядом, определяется по формуле . |
| А-? |

Подставляя численные значения физических величин, получим

Дж

**Ответ:** Дж

№ 3. Электрон движется в плоском горизонтально расположенном конденсаторе параллельно его пластинам со скоростью 3,6·107 м/с. Напряженность поля внутри конденсатора 3,7 кВ/м; длина пластин конденсатора 20 см. На какое расстояние сместится электрон в вертикальном направлении под действием электрического поля за время его движения в конденсаторе? Чему равна скорость электрона в момент вылета из конденсатора?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  υ0 = 3,6⋅107 м/с  Е = 3,7 кВ/м  l = 20 см  е/m = 1,76⋅1011 Кл/кг | **СИ:**  3,7⋅103 В/м  0,2 м | **Решение:**        **y**    **+**  **+**  **+**  **+**  **-** |
| h - ? υ - ? |

Представим траекторию движения электрона в поле конденсатора:

Движение электрона подобного движению тела, брошенного горизонтально. Уравнения координат имеют вид: , (1)

где , т.к. силы не действуют, то .

Т.к. . , (2)

Ускорение определим, применяя второй закон Ньютона:

, (3)

где , следовательно, . (4)

Подставим формулы (4) в (3) и учитывая, что , получим:

. Искомая величина смещения , следовательно,

. (5)

Скорость в момент вылета из конденсатора равна

, т.к. , то с учетом выражения (4), получим:

.

Подставим численные значения физических величин:

;

.

**Ответ:**h =1 см; υ =36,2 Мм/с.

№4.По двум бесконечно длинным прямолинейным проводникам, находящимися на расстоянии 50 см друг от друга, в одном направлении текут токи I1 и I2 силой по 5А. Между проводниками на расстоянии 30 см от первого расположен кольцевой проводник, сила тока I3 в котором равна 5А (рис.6). Радиус кольца 20 см. Определить индукцию и напряжённость магнитного поля, создаваемого токами в центре проводника.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  I1 = I2 = I3 = I = 5А  r1 = 0,3 м  r2 = 0,2 м  r3 = 0,2 м | **Решение.**  В соответствии с принципом суперпозиции индукция результирующего магнитного поля в точке А равна:  (1)  где  и  – индукции полей, создаваемых |
| B-? |

соответственно токами I1 и I2, направленными за плоскость рисунка;

 – индукция поля, создаваемая кольцевым током. Как видно из рисунка, векторы и направлены по одной прямой в противоположные стороны, поэтому их сумма  равна модулю



В12 = В2 – В1. (2)

Индукция поля, создаваемого бесконечно длинным проводником с током,



где μ - магнитная постоянная; μ0 - магнитная проницаемость среды (для воздуха μ0 = 1); r1, r2 - расстояния от проводников до центра кольца. Подставляя (3) в (2), получаем:

 (4)

Индукция поля, создаваемого кольцевым проводником с током,

 (5)

где r3 - радиус кольца.

Как видно из рисунка векторы B12 и B3 взаимно перпендикулярны, поэтомуили, с учётом выражений (4) и (5),



Проверка единиц измерения:

****

Подставим численные значения физических величин:



**Ответ:** 

№5Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 88 кВ, влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно его линиям индукции. Индукция поля равна 0,01 Тл. Определить радиус траектории электрона.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  U=88 кB  В=0,01 Тл  Кл | **Решение:**  В магнитном поле на движущийся электрон действует сила Лоренца ,  Которая обуславливает центростремительное ускорение электрона при его движении по окружности |
| R-? |

.

Пройдя ускоряющую разность потенциалов, электрон приобретает кинетическую энергию, равную работе сил электрического поля: .

Отсюда находим скорость электрона: .

Найдем радиус траектории движения электрона



Проведем проверку единиц измерения



Подставим численные значения физических величин



**Ответ:** 

№6 Два параллельных бесконечно длинных проводника с токами 10 А взаимодействуют с силой 1 мН на 1 м их длины. На каком расстоянии находятся проводники?

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  I= 10 А  F= 10-3Н  l=1 м | **Решение:**  Сила взаимодействия двух бесконечно длинных параллельных проводников с токами определяется по формуле: |
| R-? |

Отсюда 

Подставим численные значения физических величин



**Ответ:** 

№ 7В первичной обмотке повышающего трансформатора аппарата для франклинизации необходимо создавать магнитный поток в  Вб при силе тока 1,5 А. Какое количество витков надо намотать на катушку трансформатора, если ее длина должна быть 45 см и поперечное сечение 16 см2?

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:** | **Решение:**  Величина магнитного потока связана с магнитной индукцией соотношением: . Магнитная индукция однородного магнитного поля внутри соленоида определяется по формуле: , где  - магнитная постоянная. На основании этих формул получим: . |
|  |

Проверка единиц измерения:



Подставим численные значения физических величин:



**Ответ:** витков.

**Электрический ток**

**Электрический ток** – это упорядоченное (направленное) движение электрических зарядов.

**Сила тока** – скалярная величина, равная заряду, переносимому носителями тока через поперечное сечение проводника в единицу времени: . Основной единицей силы тока в СИ является .

**Плотность тока** – векторная физическая величина, которая характеризует быстроту переноса заряда в проводнике через единицу площади его поперечного сечения: .

Основной единицей измерения плотности тока в СИ является .

**Электродвижущая сила (ЭДС)** –характеристика источника тока, численно равная работе сторонних сил, выполненной при перемещении единичного положительного заряда: . Единицей измерения ЭДС является В.

**Электрическое сопротивление** участка цепи R - одна из характеристик электрических свойств данного участка цепи, определяющая упорядоченное перемещение носителей тока на этом участке. Основной единицей сопротивления в СИ является Ом.

Для цилиндрического проводника: , где l – длина, S – площадь поперечного сечения проводника,  - **удельное сопротивление вещества**, из которого сделан проводник – сопротивление проводника из данного материала длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м2. Измеряется в .

Величина, обратная удельному сопротивлению  называется **удельной проводимостью.**

При последовательном соединении проводников их общее сопротивление равно сумме сопротивлений всех отдельных проводников: . При параллельном соединении общее сопротивление проводников может быть определено из формулы: .

Закон Ома для участка цепи без источника тока: сила тока прямо пропорциональна разности потенциалов на концах участка цепи и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка:

,

где U=Δφ – напряжение на концах участка цепи.

Закон Ома для участка цепи в дифференциальной форме:



Закон Ома для полной цепи: Сила тока в цепи прямо пропорциональна ЭДС, действующей в цепи, и обратно пропорциональна сумме внешнего и внутреннего сопротивлений:

,

где R – внешнее сопротивление, r – внутреннее сопротивление (сопротивление источника тока).

Плотность тока в электролите будет равна:

,

где n – концентрация ионов, , n0 – концентрация молекул растворенного вещества, α – коэффициент диссоциации – отношение числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу молекул растворенного вещества, q+ и q- - заряды положительного и отрицательного ионов.

Электропроводность электролита:

.

1 закон Фарадея: Масса выделившегося на электроде вещества пропорциональна электрическому заряду, протекающему через электролит

,

где m – масса вещества, q – заряд, I – сила тока, t – время.

Коэффициент k - электрохимический эквивалент вещества - масса вещества, выделившаяся на электроде при прохождении через электролит заряда, равного 1 Кл.

Закон Ома для ткани, через которую пропускают постоянный ток:

,

где ε – внешнее приложенное напряжение, U(t) – меняющееся во времени встречное напряжение, R – электрическое сопротивление ткани.

Мгновенные значения напряжения и тока в любой момент времени определяются выражениями:

; ,

где Uи I – амплитудные (максимальные) значения напряжения и тока,

 - циклическая частота.

Импеданс (сопротивление) живой ткани может быть выражен соотношением:

.

Тангенс угла сдвига фаз определяется по формуле

.

Количество тепла, выделяемого в проводящей биологической ткани:

,

где объем проводящей ткани, время прохождения тока.

Количество тепла, выделяемого в диэлектрической биологической ткани:

,

где  - циклическая частота,  - диэлектрическая проницаемость ткани,  - электрическая постоянная,  - эффективная напряженность электрического поля, вызвавшего электрический ток,  - угол диэлектрических потерь, являющийся характеристикой диэлектрика (характеризует долю энергии переменного поля, расходуемую на нагревание).

№1 Определить плотность тока в нихромовом проводнике длиной 5 м, если на его концах поддерживается разность потенциалов 2 В.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  l= 5 м  U= 2 В | **Решение:**  По закону Ома в дифференциальной форме плотность тока .  Напряженность электрического поля связана с напряжением соотношением |
| j-? |

.

Получим 

Подставим численные значения физических величин

А/м2

**Ответ:** А/м2

№2 Напряжение на концах проводника сопротивлением 5 Ом за 0,5 с равномерно возрастает от 0 до 20 В. Какой заряд проходит через проводник за это время?

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  R= 5 Ом  U1= 0 В  U2= 20 В  с | **Решение:**  За время  по проводнику переносится заряд , где ток в проводнике.  Напряжение линейно изменяется со временем, то есть , где - коэффициент пропорциональности. |
|  |

 В/с.

Заряд, переносимый за промежуток времени найдем интегрированием



Проведем проверку единиц измерения



Подставим численные значения физических величин



**Ответ:** 

**№3**Сопротивление образца мышечной ткани животного измеряется при пропускании через него сначала постоянного, а затем переменного тока. При какой частоте переменного тока импеданс ткани будет в 3 раза больше величины ее активного сопротивления, равного 850 Ом? Емкость ткани равна 0,01 мкФ.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  Ом  . | **Решение:**  Считая, что активное и емкостное сопротивления ткани соединены последовательно, можно записать для импеданса ткани: . |
|  |

Для циклической частоты можно записать .

По условию , значит  или .

Отсюда  и .

Подставим численные значения физических величин



**Ответ:** 

**Вращение плоскости поляризации электромагнитных волн (света) при прохождении через вещество**

В твердых телах угол φ поворота плоскости поляризации пропорционален длине пути светового луча в теле:

,

где α – вращательная способность (удельное вращение), зависящая от рода вещества, температуры и длины волны.

Для растворов угол поворота плоскости поляризации равен:

,

где с – концентрация оптически активного вещества.

№ 1Пластинка кварца толщиной d1=1 мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси кристалла, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света определенной длины волны на угол φ1=20°. Определить: 1) какова должна быть толщина d2 кварцевой пластинки, помещенной между двумя «параллельными» николями, чтобы свет был полностью погашен; 2) какой длины l трубку с раствором сахара массовой концентрацией C=0,4 кг/л надо поместить между николями для получения того же эффекта? Удельное вращение [α] раствора сахара равно 0,665 .

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  d1=1 мм  φ1=20°  C=0,4 кг/л  [α]=0,665 | **Решение:**  1.Угол поворота плоскости поляризации кварцевой пластинкой определяется соотношением .  Пользуясь этой формулой, выразим искомую толщину d2 пластинки: , (1)  где φ2 – угол поворота плоскости поляризации, при котором свет будет полностью погашен (φ2 =90°). |
| d2-? L-? |

Постоянную вращения α для кварца найдем также из формулы , подставив в нее заданные условия задачи значения d1 и φ1: .

Подставив это выражение α в формулу (1), получим.

Произведя вычисления по этой формуле, найдем толщину пластинки: .

2. Длину трубки с сахарным раствором найдем из соотношения , выражающего угол поворота плоскости поляризации раствором сахара, где d - толщина раствора сахара (принимается равной длине l трубки). Отсюда получим .

Подставив значения φ2, [α], С=0,4 кг/л=400 кг/м3 и произведя вычисления, найдем .

|  |  |
| --- | --- |
| **Ответ:** | l=38 дм. |

**Фотометрия. Поглощение света**

**Световой поток** - физическая величина, численно равная количеству энергии, излучаемой источником света за единицу времени:

.

Основной единицей измерения светового потока в СИ является лм (люмен).

**Телесный угол** - часть пространства, ограниченная конической поверхность.

Основной единицей телесного угла в СИ является ср (стерадиан).

Полный телесный угол - телесный угол, охватывающий все пространство вокруг точечного источника света: .

**Сила света** - физическая величина, численно равная количеству излучаемой источником света энергии за единицу времени внутри единичного телесного угла:

.

Основной единицей измерения силы света в СИ является Кд (кандела).

|  |  |
| --- | --- |
| Цвет света | Длина волны, нм |
| Красный | 760-620 |
| Оранжевый | 620-590 |
| Желтый | 590-560 |
| Зеленый | 560-500 |
| Голубой | 500-480 |
| Синий | 480-450 |
| Фиолетовый | 450-380 |

**Интенсивность света** – величина, численно равная количеству энергии, протекающей в единицу времени через единицу площади поверхности перпендикулярно к этой поверхности.

.

Основной единицей измерения интенсивности волны в СИ является .

Закон Бугера: интенсивность света при поглощении в веществе убывает экспоненциально в зависимости от пройденного пути



где натуральный показатель поглощения есть величина, обратная толщине такого слоя, который ослабляет интенсивность света в «е» раз.

**Освещенность** - физическая величина, численно равная количеству световой энергии, падающей на единицу поверхности тела за единицу времени:

.

Основной единицей измерения освещенности в СИ является лк (люкс).

Основной закон освещенности: освещенность, создаваемая точечным источником света, прямо пропорциональна силе света источника, косинусу угла падения и обратно пропорциональна квадрату расстояния между источником света и освещаемой поверхностью.

.

Если лучи падают на поверхность перпендикулярно, то угол падения лучей , , поэтому освещенность равна: .

№ 1 Светильник из молочного стекла имеет форму шара. Он подвешен на высоте h=1м над центром круглого стола диаметром 2 м. Сила света 50 кд. Определить световой поток лампы, освещенность в центре и на краю стола.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  = 50 кд  d = 2 м  h = 1 м | **Решение:**  Световой поток, излучаемый источником света силой ,  Освещенность в центре стола |
| Ф, E1, Е2.-? |

Освещенность на краю стола где  .



Поэтому

Подставим численные значения физических величин





**Ответ:** Ф=628 лм, E1 =50 лк, Е2 =17,7 лк

№ 2 В центре квадратной комнаты площадью 25 м2 висит лампа. Считая лампу точечным источником света, найти, на какой высоте от пола должна находиться лампа, чтобы освещенность в углах комнаты была наибольшей.

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано:**  S=25м2 | **Решение.**  Освещенность в углах комнаты |
| h=? |

Расстояние от лампы до угла комнаты R , величина  (половина диагонали квадратного пола комнаты ), сторонаквадратного пола и высота лампы над полом h связаны очевидным равенством(2)

На основании (2) выражения для освещенности может быть написано так:  Для нахождения максимума Е возьмем производную  и приравняем ее нулю:



отсюда Тогда искомая высота h будет равна

м.

**Ответ:** h=2,5м

**Квантовые свойства света**

№1. На зачернённую поверхность падает монохроматический свет с длиной волны 0,65 мкм, производя давление 5 · 10-6 Па. Определить концентрацию фотонов вблизи поверхности и число фотонов, падающих на площадь 1 м2 в 1 с.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дано:**  λ = 0,65 мкм  p = 5 · 10-6 Па  ρ = 0  S = 1 м2  t = 1 с | **CИ:**  6,5 · 10-7 м | **Решение:**  Давление света при нормальном падении на поверхность с коэффициентом отражения ρ вычисляется по формуле  (1)  или  (2) |
| n0-? n-? |  |

где ω - объёмная плотность энергии, Ee - энергетическая освещённость, с – скорость света в вакууме, ρ - коэффициент отражения поверхности, в данном случае ρ = 0.

Объёмная плотность энергии равна произведению концентрации фотонов (число на единицу объёма) на энергию одного фотона , то есть

 (3)

откуда  (4)

Определяем объёмную плотность энергии из (1) и подставляя в (4), имеем

 (5)

Число фотонов, падающих на площадь 1 м2 за 1 с, численно равно отношению энергетической освещённости к энергии одного фотона:

 (6)

Энергетическую освещённость определяем из выражения (2) и, подставляя в (6), получаем

 (7)

С учётом (5) выражение (7) примет вид n = n0c.

Проверка единиц измерения:





n = 1,6 · 1013 · 3 · 108 = 4,8 · 1021

**Ответ:**n0=1,6·1013 м-3, n=4,8·1021м-3.