

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Дмитриев Николай Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.06.2026 07:03:33
Уникальный программный ключ:
f7c6227919e4cdbfb4d76a02951f8559837ca70

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского

Колледж автомобильного транспорта и агротехнологий

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ

(для технических специальностей колледжа)

Учебно-методическое пособие

УДК

Рекомендовано к печати предметно-цикловой комиссией Колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (протокол № 5 от 23 января 2025 г.).

Составители:

Набока Виктор Михайлович преподаватель колледжа АТ и АТ высшей квалификационной категории

Кривобок Татьяна Дмитриевна преподаватель колледжа АТ и АТ высшей квалификационной категории

Рецензент: Косарева А.В. к.т.н., доцент кафедры ТС и ОД Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ (для технических специальностей колледжа): Учеб.-метод. пособие. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2025. – 59 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения и защиты практических работ по дисциплине Физика. Приведены практические занятия по разделам данной дисциплины, подготовлено на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта и программы дисциплины, «Физика». Данное пособие, предназначено для обучающихся 2 курса (на базе 9 классов) технических специальностей очного и заочного обучения, в качестве учебно-методического пособия к выполнению и защите практических работ по указанным разделам дисциплины.

© Кривобок Т.Д.

© Издательство Иркутский ГАУ, 2025

Введение

Физика является одной из фундаментальных дисциплин технического образования. Целью преподавания курса физики является формирование у будущих техников современного физического мировоззрения, на котором базируются технические специальности, ознакомление обучающихся с фундаментальными физическими законами и явлениями, лежащими в основе современных технологий, развитие навыков самостоятельной практической работы.

Отчете по практической работе должен содержать:

1. *Название практической работы:* Раздел __. Тема: _____ (полностью).
2. *Решение типовых задач.*
3. *Ответы на контрольные вопросы:* записывается полностью вопрос и дается ответ. (Ответ должен быть полным, содержать необходимые определения, формулы с пояснениями, рисунки, графики. Для физических величин указываются единицы измерения, численные значения для постоянных величин).

Общие методические указания по решению задач

В изучении курса физики решение задач имеет исключительно большое значение. Решение и анализ задач позволяют понять и запомнить основные законы и формулы физики, развивают навыки использования общих законов для решения конкретных вопросов, имеющих практическое значение.

Умение решать задачи является лучшим критерием оценки глубины изучения программного материала и его усвоения.

Прежде чем приступить к решению задач какого-либо раздела, необходимо проработать теорию по этому разделу. Без знания теории нельзя рассчитывать на успешное решение даже простых задач.

Рекомендуемая последовательность действий и при решении задач:

1. *Полностью запишите условие задачи.*
2. *Сделайте краткую запись условия, выразите все данные в единицах СИ.*
3. *Выполните схематический чертёж (где это возможно), отражающий условия задачи и идею её решения.*
4. *Запишите формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. Сопровождайте решение задачи краткими, но исчерпывающими пояснениями.* В результате получится одно или несколько уравнений, включающих в себя как заданные, так и неизвестные величины.
5. *Решите систему относительно неизвестного.* Прежде, чем решать составленную систему уравнений, убедитесь в том, что число неизвестных равно числу уравнений, иначе система не будет иметь определенного решения.
6. *Выполните численный расчёт и проанализируйте полученный результат.*

Как правило, решать задачу следует в общем виде, т.е. надо выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи и взятых из таблиц. Получив ответ в виде алгебраической формулы или уравнения, проверьте, даёт ли полученная формула единицу измерения искомой величины. Если при проверке единица измерения искомой величины не получается, то это означает, что в решении допущена ошибка.

Убедившись правильности наименования искомой величины нужно подставить в окончательную формулу числовые данные, выраженные в единицах одной системы. Вычисления по расчётной формуле надо проводить с соблюдением правил приближённых вычислений.

7. *Записать ответ.*

Как правило, окончательный ответ следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3,52 \cdot 10^3$, а вместо 0,0000129 записать $1,29 \cdot 10^{-5}$ и т.п.

Практическое занятие № 1

Раздел 1. Механика Тема «Кинематика»

Цель: Закрепить теоретический материал по теме. Получить практические навыки по определению характеристик поступательного и вращательного движения.

Отводимое время на занятие – 2ч.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть теоретические вопросы по конспектам и рекомендуемым источникам
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить типовые задачи
4. Ответить на контрольные вопросы

Рассматриваемые теоретические вопросы

1. Модели в механике. Системы отсчета.
2. Понятия о траектории перемещения, длине пути и векторе перемещения.
3. Определение характеристик поступательного движения (средняя скорость и среднее ускорение, мгновенная скорость и мгновенное ускорение).
4. Движение тела под действием силы тяжести.
5. Понятие о криволинейном движении.
6. Определение характеристик вращательного движения (угловая скорость и угловое ускорение).
7. Связь между параметрами поступательного и вращательного движений.

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1.

Уравнение движения материальной точки вдоль оси X имеет вид

$$x = A + Bt + Ct^4, \text{ где } A = 3 \text{ м}, B = 1 \text{ м/с}, C = -0,05 \text{ м/с}^4.$$

Определить:

- а) среднюю скорость $\langle v_x \rangle$ за интервал времени от 1 с до 6 с;
- б) среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$ за тот же период времени;
- в) ускорение точки на шестой секунде движения.

Решение

ДАНО:

$$x = A + Bt + Ct^4$$

$$A = 3 \text{ м}$$

$$B = 1 \text{ м/с}$$

$$C = -0,05 \text{ м/с}^4$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$t_2 = 6 \text{ с}$$

$$а) \langle v_x \rangle - ?$$

$$б) \langle v \rangle - ?, в) a_2 - ?$$

а) Средняя скорость $\langle v_x \rangle$ за интервал времени $t_2 - t_1$ определяется выражением:

$$\langle v_x \rangle = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{A + Bt_2 + Ct_2^4 - A - Bt_1 - Ct_1^4}{t_2 - t_1}.$$

Подставив сюда численные выражения, получим:

$$\langle v_x \rangle = \frac{(3 + 1 \cdot 6 - 0,05 \cdot 6^4) - (3 + 1 \cdot 1 - 0,05 \cdot 1^4)}{5} = -4,95 \text{ м/с}.$$

б) Средняя путевая скорость $\langle v \rangle$ определяется выражением:

$$\langle v \rangle = \frac{S}{t_2 - t_1},$$

где S – путь, пройденный точкой за интервал времени $t_2 - t_1$.

Путь, в отличие от координаты (в данном случае координаты x), не может быть отрицательным, поэтому весь путь S будет складываться из двух отрезков: $S_{01} = x_{\max} - x_1$, который проходит точка за интервал времени $t_m - t_1$, и $S_{02} = |x_2 - x_{\max}|$, который проходит точка за период $t_2 - t_m$,

где t_m – момент времени, когда точка имеет максимальную координату x .

Для нахождения значения аргумента t_m , при котором функция $x = x(t)$ имеет максимум, ее необходимо продифференцировать и приравнять полученную производную (то есть мгновенную скорость v) нулю, следовательно

$$t = t_M \text{ при } \frac{dx(t)}{dt} = 0.$$

Таким образом, $v(t_M) = B + 4Ct_M^3 = 0$.

Отсюда $t_M^3 = \frac{-\hat{A}}{4\tilde{N}} = \frac{-8}{-4 \cdot 0.05} = 40 \text{ с}^3$ и $t_M = 3,42 \text{ с}$

и $x_{\max} = A + Bt_M + Ct_M^4 = 3 + 8 \cdot 3,42 - 0,05 \cdot 3,42^4 = 23,5 \text{ м}$.

Находим $\langle v \rangle$:

$$\langle v \rangle = \frac{s_{02} - s_{01}}{t_2 - t_1} = \frac{(x_{\max} - x_1) + |x_2 - x_{\max}|}{t_2 - t_1} = \frac{(23,5 - 10,95) + |-13,8 - 23,5|}{6 - 1} = 9,97 \text{ м/с}.$$

в) Известно, что ускорение является второй производной от координаты по времени, поэтому, продифференцировав дважды функцию $x(t)$, получим

$$a = 4 \cdot 3Ct^2 = -0,6 t^2.$$

$$\text{Проверим размерность: } [a] = [C] \cdot [t^2] = \left[\frac{\text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с}^4} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right].$$

Подставив значение времени, получим: $a_2 = -0,6 \cdot 6^2 = -21,6 \text{ м/с}^2$.

ПРИМЕР 2.

Автомобиль движется по закруглению шоссе, имеющего радиус кривизны $R=50 \text{ м}$. Уравнение движения автомобиля (относительно криволинейной координаты ξ , отсчитанной от некоторой начальной точки на окружности) имеет вид

$$\xi(t) = A + Bt + Ct^2,$$

где $A=10 \text{ м}$, $B=10 \text{ м/с}$, $C=-0,5 \text{ м/с}^2$.

Найти:

1) скорость автомобиля, его нормальное, тангенциальное и полное ускорения в момент времени $t=5 \text{ с}$;

2) длину пути S и модуль перемещения $|\Delta \vec{r}|$ пожарного автомобиля за десять секунд, отсчитанных с момента начала движения.

ДАНО:

$$\xi(t) = A + Bt + Ct^2$$

$$A = 10 \text{ м}; \quad B = 10 \text{ м/с}$$

$$C = -0,5 \text{ м/с}^2$$

$$R = 50 \text{ м}$$

$$t_1 = 5 \text{ с}; \quad t_2 = 10 \text{ с}$$

1) для t_1 : a_n , a_t , a - ?

2) для t_2 : S , $|\Delta \vec{r}|$ - ?

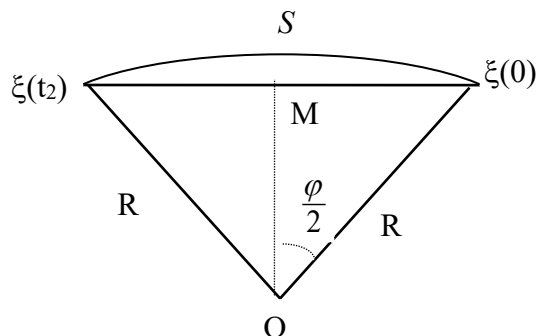


Рис.1

Решение:

Скорость автомобиля найдем, взяв производную от координаты по времени:

$$v = \frac{d\xi}{dt} = B + 2Ct = 10 + 2(-0,5)5 = 5 \text{ м/с}.$$

Тангенциальное ускорение равно: $a_\tau = \frac{dv}{dt} = 2C = -1 \text{ м/с}^2$.

Нормальное ускорение определится как: $a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{5^2}{50} = 0,5 \text{ м/с}^2$.

Полное ускорение определится как гипотенуза прямоугольного треугольника, катетами которого являются тангенциальное и нормальное ускорения:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = \sqrt{(-1)^2 + 0,5^2} = \sqrt{1,25} = 1,12 \text{ м/с}^2.$$

Чтобы определить длину пути S , пройденного пожарным автомобилем за время t_2 , надо сначала выяснить, происходит ли в течение этого времени движение только в одном направлении, или нет. Для этого найдем момент времени t_M , когда скорость становится равной нулю (т.е. момент, после которого движение осуществляется в противоположном направлении):

$$B + 2Ct_M = 0.$$

$$\text{Отсюда получим, что } t_M = -\frac{B}{2C} = -\frac{10}{2 \cdot (-0,5)} = 10 \text{ с}.$$

Таким образом, в течение первых 10 секунд движение в нашем случае осуществляется в одном направлении, то есть пройденный путь будет равен разности изменения криволинейной координаты ξ :

$$S = \xi(t_2) - \xi(0) = A + Bt_2 + Ct_2^2 - A = Bt_2 + Ct_2^2 = 10 \cdot 10 - 0,5 \cdot 10^2 = 50 \text{ м}.$$

Модуль перемещения (хорда $\xi(t_2)\xi(0)$), как видно из прямоугольного треугольника $OM\xi(0)$ на рисунке 1, равен $|\Delta \vec{r}| = 2R \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$,

где φ – угол между радиус-векторами, определяющими начальное $\xi(0)$ и конечное $\xi(t_2)$ положения пожарного автомобиля на траектории его движения. Величину этого угла в радианах найдем как отношение длины пути S к радиусу окружности R , то есть $\varphi = \frac{S}{R}$.

$$\text{Отсюда получим: } |\Delta \vec{r}| = 2R \sin \frac{S}{2R} = 2 \cdot 50 \cdot \sin\left(\frac{50}{2 \cdot 50} \text{ рад}\right) = 47,94 \text{ м}.$$

ПРИМЕР 3.

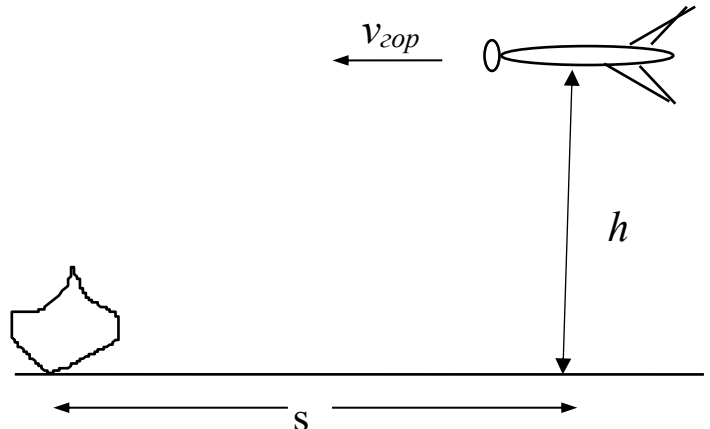
Пожарный самолет, летящий горизонтально со скоростью $v=180$ км/час на высоте $h=200$ м, должен затушить лесной пожар. На каком расстоянии S от очага пожара по горизонтали он должен сбросить воду, чтобы затушить пожар? Выброс воды считать мгновенным, сопротивлением воздуха и рассеянием воды пренебречь.

ДАНО:

$$v_{гор}=180 \text{ км/час} = 50 \text{ м/с}$$

$$h = 200 \text{ м}$$

 $S - ?$



Масса воды принимает участие в двух движениях, равномерном прямолинейном по горизонтали (по инерции) и в равноускоренном прямолинейном по вертикали (под действием силы тяжести). Расстояние S , которое вода пролетает по горизонтали, определяется по формуле равномерного прямолинейного движения как $S = vt$.

Неизвестное время t можно определить, рассмотрев движение воды по вертикали. Движение воды по вертикали определяется уравнением

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2},$$

где g – ускорение свободного падения, v_0 – начальная скорость.

Так как начальная скорость движения по вертикали в нашем случае равна нулю, то $h = \frac{gt^2}{2}$.

Отсюда находим время t , в течение которого вода летела от самолета до земли,

спускаясь при этом на расстояние h по вертикали: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.

Полученное выражение для времени подставим в формулу для нахождения S ,

в результате получим: $S = v \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Проверим полученную размерность: $[S] = \left[\frac{M}{C} \sqrt{\frac{M \cdot C^2}{M}} \right] = M$.

Подставим численные значения: $S = 50 \sqrt{\frac{2 \cdot 200}{9,8}} = 319 \text{ м}$.

Типовые задачи

Задача 1. Кинематическое уравнение движения материальной точки по прямой имеет вид $x = A + Bt + Ct^3$, где $A = 4 \text{ м}$, $B = 2 \text{ мс}^{-1}$, $C = -0,5 \text{ мс}^{-3}$. Для момента времени $t_1 = 2 \text{ с}$.

Определить: 1) координату x_1 точки;

2) мгновенную скорость v_1 ; 3) мгновенное ускорение a_1 .

Задача 2. Кинематическое уравнение движения материальной точки по прямой имеет вид $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 5 \text{ м}$, $B = 4 \text{ мс}^{-1}$, $C = -1 \text{ мс}^{-2}$.

1. Построить график зависимости координаты и пути от времени.

2. Определить среднюю скорость за интервал времени от $t_1 = 1 \text{ с}$ до $t_2 = 6 \text{ с}$.

3. Найти среднюю путевую скорость за тот же интервал времени.

Задача 3. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить угол, под которым тело брошено к горизонту, если максимальная высота подъема тела равна $1/4$ дальности его полета.

Задача 4. Автомобиль движется по закругленному шоссе, имеющему радиус кривизны 50 м . Уравнение движения автомобиля $\xi(t) = A + Bt + Ct^2$, где $A = 10 \text{ м}$, $B = 10 \text{ мс}^{-1}$, $C = -0,5 \text{ мс}^{-2}$ (ξ означает криволинейную координату, отсчитанную от некоторой начальной точки на окружности).

Найти:

1) скорость автомобиля, его тангенциальное, нормальное и полное ускорения в момент времени $t_1 = 5 \text{ с}$;

2) длину пути и модуль перемещения автомобиля за интервал времени $t = 10 \text{ с}$, отсчитанный с момента начала движения.

Задача 5. Маховик, вращавшийся с постоянной частотой 10 с^{-1} , при торможении начал вращаться равнозамедленно. Когда торможение прекратилось, вращение маховика снова стало равномерным, но уже с частотой 6 с^{-1} .

Определить угловое ускорение маховика и продолжительность торможения, если за время равнозамедленного движения маховик сделал 50 оборотов.

Задача 6. Точка движется по окружности радиуса 10 см с постоянным тангенциальным ускорением. Найти это тангенциальное ускорение, если известно, что к концу пятого оборота после начала движения линейная скорость точки стала равной $79,2 \text{ см/с}$.

Контрольные вопросы

1. Что называется материальной точкой? Почему в механике вводят такую модель?
2. Что такое система отсчета?
3. Что такое вектор перемещения? Всегда ли модуль вектора перемещения равен отрезку пути, пройденному точкой?
4. Какое движение называется поступательным?
5. Дать определения векторов средней скорости и среднего ускорения, мгновенной скорости и мгновенного ускорения. Каковы их направления?
6. Что характеризует тангенциальная составляющая ускорения? нормальная составляющая ускорения? Каковы их модули?
7. Возможны ли движения, при которых отсутствует нормальное ускорение или тангенциальное ускорение? Приведите примеры.
8. Что называется угловой скоростью, угловым ускорением? Как определяется их направление?
9. Какова связь между линейными и угловыми величинами?

Практическое занятие № 2

Раздел 1 Механика. Тема «Динамика»

Цель: Закрепить теоретический материал по теме. Получить практические навыки по определению динамических характеристик поступательного и вращательного движения.

Отводимое время на занятие – 2ч.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть теоретические вопросы по конспектам и рекомендуемым источникам
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить типовые задачи
4. Ответить на контрольные вопросы

Рассматриваемые теоретические вопросы

1. Инерциальные системы отсчета. Понятие о массе тела. Определение силы.
2. Основные силы, действующие на тела в механике.
3. Определение характеристик движения тел с помощью законов Ньютона.
4. Определение моментов инерции тел правильной геометрической формы.
5. Использование теоремы Штейнера для определения момента инерции тела относительно произвольной оси.
6. Динамика вращательного движения абсолютно твердого тела.
7. Динамика жидкостей и газов.

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1.

Тело соскальзывает с наклонной плоскости. Угол наклона плоскости равен 30° ее длина 1 м, коэффициент трения тела о плоскость равен 0,4. Начальная скорость равна нулю. Найти время спуска тела с наклонной плоскости.

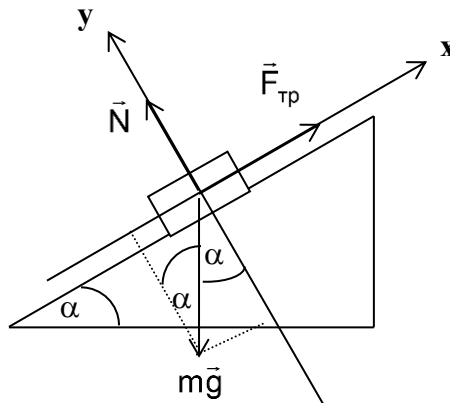
ДАНО:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$l = 1 \text{ м}$$

$$k = 0,4$$

$$t = ?$$



Решение

Время t определим из формулы пути при равноускоренном движении $l = \frac{at^2}{2}$

отсюда находим
$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot l}{a}} \quad (1)$$

Чтобы определить ускорение a воспользуемся Вторым законом Ньютона:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a} \quad (2)$$

Согласно рисунка
$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{mp} = m\vec{a} \quad (3)$$

где N – сила реакции опоры, mg – сила тяжести, $\vec{F}_{mp}$ – сила трения.

Чтобы решить уравнение (3) перейдем от векторной формы к скалярной, для этого спроецируем это уравнение на оси координат X и Y

$$X: -mg\sin\alpha + F_{mp} = -ma \quad (4)$$

$$Y: -mg\cos\alpha + N = 0 \quad (5)$$

Полученную систему уравнений решаем относительно ускорения a ,

учитывая, что $F_{mp} = kN$,

Из уравнения (4) $a = \frac{mg \sin \alpha - kN}{m}$,

или с учетом уравнения (5)

$$a = \frac{mg \sin \alpha - kmg \cos \alpha}{m} \quad (6)$$

После подстановки (6) в (1) имеем: $t = \sqrt{\frac{2 \cdot l}{g(\sin \alpha - k \cos \alpha)}}$

Проверим размерность: $[t] = \left[\sqrt{\frac{\frac{l}{\tilde{n}}}{\frac{l}{\tilde{n}^2}}} = \sqrt{\tilde{n}^2} = \tilde{n} \right]$

Подставим численные значения: $t = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9,8(\sin 30^\circ - 0,4 \cos 30^\circ)}} = 1,3 \text{ (с)}$

ПРИМЕР 2. Пожарный автомобиль массой 10 т движется с постоянной скоростью 36 км/час по выпуклому мосту. Определить силу давления F автомобиля на мост в его верхней точке, если радиус кривизны моста равен 50 м.

Решение

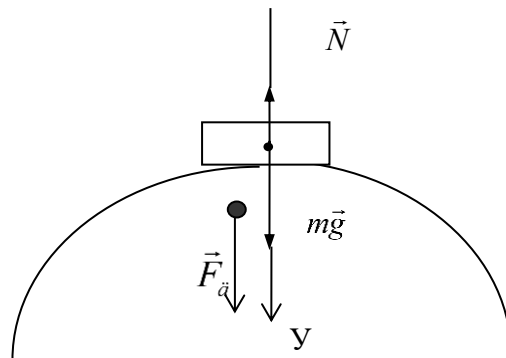
ДАНО:

$$m = 10 \text{ т} = 10000 \text{ кг}$$

$$v = 36 \text{ км/час} = 10 \text{ м/с}$$

$$R = 50 \text{ м}$$

 $F_{\partial} - ?$



Решение

По второму закону Ньютона: $\sum_{i=1}^n \vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$

Или, согласно рисунка $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a} \quad (2),$

где N – сила реакции опоры, mg – сила тяжести, g – ускорение свободного падения.

Так как автомобиль движется с постоянной скоростью, то его полное ускорение a будет равно нормальному ускорению: $a = a_n = \frac{v^2}{R}$ (3)

Спроецируем уравнение (2) на ось Y :

$$-N + mg = ma \quad \text{или} \quad N = m(g - a). \quad (4)$$

Так как по третьему закону Ньютона модуль силы давления F равен модулю силы реакции опоры N , то: $F_\partial = N = m(g - a) = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right)$.

Подставим численные значения: $F_\partial = 10 \cdot 10^3 \left(9,8 - \frac{10^2}{50} \right) = 7,8 \cdot 10^4 \text{ Н}$.

Типовые задачи

Задача 1. На столе стоит тележка массой 4 кг. К тележке привязан один конец шнура, перекинутого через блок. С каким ускорением будет двигаться тележка, если к другому концу шнура привязать гирю массой 1 кг?

Задача 2. Шайба, пущенная по поверхности льда с начальной скоростью 20 м/с, остановилась через 40 с. Найти коэффициент трения шайбы о лед.

Задача 3. Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 45° . Пройдя расстояние 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Чему равен коэффициент трения тела о плоскость?

Задача 4. Под действием постоянной силы вагонетка прошла путь 5 м и приобрела скорость 2 м/с. Определить работу силы, если масса вагонетки равна 400 кг и коэффициент трения $f = 0,01$.

Задача 5. С одного уровня наклонной плоскости одновременно начинают скатываться без скольжения сплошные цилиндр и шар одинаковых масс и одинаковых радиусов.

Определить:

- 1) отношение скоростей цилиндра и шара на данном уровне;
- 2) их отношение в данный момент времени.

Задача 6. Определить момент инерции тонкого однородного стержня длиной 30 см и массой 100 г относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через:

- 1) его конец;
- 2) его середину;
- 3) точку, отстоящую от конца стержня на $1/3$ его длины.

Задача 7. Маховик в виде диска массой 50 кг и радиусом 20 см был раскручен до частоты вращения 480 мин^{-1} и затем предоставлен самому себе. Вследствие трения маховик остановился.

Найти момент сил трения, считая его постоянным для случаев:

- 1) маховик остановился через 50 с;
- 2) маховик до полной остановки сделал 200 оборотов.

Контрольные вопросы

1. Какая система отсчета называется инерциальной? Почему система отсчета, связанная с Землей, строго говоря, неинерциальная?
2. Что такое сила? Как ее можно охарактеризовать?
3. Является ли первый закон Ньютона следствием второго закона? Почему?
4. Сформулировав три закона Ньютона, покажите, какова взаимосвязь между этими законами.
5. В чем заключается принцип независимости действия сил?
6. В чем различие между понятиями энергии и работы?
7. Что такое момент инерции тела?
8. Какова роль момента инерции во вращательном движении?
9. Как используется теорема Штейнера?
10. Выведите и сформулируйте уравнение динамики вращательного движения твердого тела.

Практическое занятие № 3

Раздел 1 Механика. Тема: «Законы сохранения в механике»

Цель: Закрепить теоретический материал по теме. Получить практические навыки по определению динамических характеристик поступательного и вращательного движения на основе законов сохранения импульса и момента импульса.

Отводимое время на занятие – 2ч.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть теоретические вопросы по конспектам и рекомендуемым источникам
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить типовые задачи
4. Ответить на контрольные вопросы

Рассматриваемые теоретические вопросы

1. Понятие об импульсе тела (системы тел). Закон сохранения импульса.
2. Определение характеристик движения тел с помощью закона сохранения импульса.
3. Определение момента импульса замкнутой системы тел. Закон сохранения момента импульса.
4. Использование закона сохранения момента импульса для определения характеристик вращательного движения.
5. Определение кинетической энергии тел, совершающих поступательное и вращательное движения.
6. Понятие о потенциальной энергии механической системы. Потенциальная энергия в поле силы тяжести.
7. Полная механическая энергия системы и закон её сохранения.
8. Определение характеристик движения тел с помощью закона сохранения механической энергии.

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1.

На железнодорожной платформе жестко установлено орудие. Масса платформы с орудием $M = 15$ т. Орудие стреляет вверх под углом 60° к горизонту в направлении пути. С какой скоростью покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда $m = 20$ кг, а его стартовая скорость 600 м/с?

ДАНО:

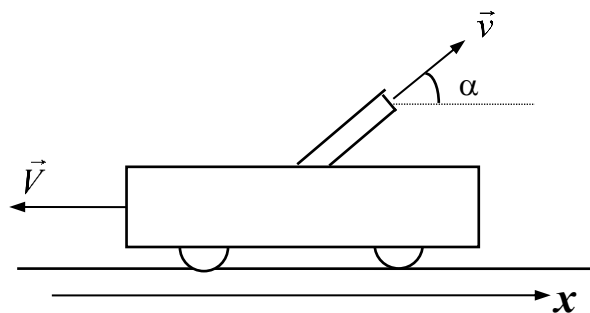
$$M = 15 \text{ т} = 15 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$m = 20 \text{ кг}$$

$$v = 600 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V = ?$$



Решение

Платформа с орудием и снаряд представляют собой замкнутую систему, для которой справедлив закон сохранения импульса. Суммарный импульс этой системы до выстрела равен нулю, а после выстрела – сумме импульсов снаряда и платформы с орудием, следовательно:

$$m\vec{v} + M\vec{V} = 0. \quad (1)$$

Спроецируем уравнение (1) на ось x :

$$mv\cos\alpha - MV = 0. \quad (2)$$

Отсюда получим

$$V = \frac{mv\cos\alpha}{M}$$

Подставим численные значения:

$$V = 20 \cdot 600 \cdot \frac{0,5}{1,5 \cdot 10^4} = 0,4 \text{ м/с}.$$

ПРИМЕР 2.

Горизонтальная платформа массой 80 кг и радиусом 1 м вращается с частотой 20 об/мин. В центре платформы стоит человек, держа в разведенных руках гири. Опустив руки, человек уменьшает свой момент инерции от 2,94 кг·м² до 0,94 кг·м². Считая платформу круглым диском, определить новую угловую скорость платформы и во сколько раз при этом изменилась кинетическая энергия?

ДАНО:

$$R = 1 \text{ м}$$

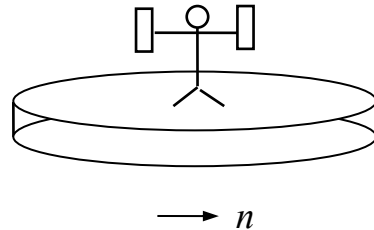
$$n_1 = 20 \text{ об/мин} = 20 \cdot 60 \text{ об/с}$$

$$m = 80 \text{ кг}$$

$$J_1 = 2,94 \text{ кг·м}^2$$

$$J_2 = 0,94 \text{ кг·м}^2$$

 $n_2, T_2/T_1 - ?$



Решение

Человек – платформа представляют собой замкнутую систему, поэтому для нее справедлив закон сохранения импульса (учтем при этом, что угловая скорость ω , выражаемая в радианах в единицу времени связано с числом оборотов за единицу времени n простым соотношением $n = 2\pi\omega$):

$$(J_{пл} + J_1)n_1 = (J_{пл} + J_2)n_2, \quad (1)$$

где $J_{пл}$ – момент инерции платформы, J_1 и J_2 – момент инерции человека с разведенными и опущенными руками соответственно, n_1 и n_2 – частоты вращения платформы с человеком с разведенными (n_1) и с опущенными руками (n_2).

Момент инерции платформы определяется как

$$J_{пл} = \frac{mR^2}{2} \quad (2)$$

Подставим (2) в (1) и решим полученное уравнение относительно n_2 :

$$n_2 = \frac{\left(\frac{1}{2}mR^2 + J_1\right)n_1}{\frac{1}{2}mR^2 + J_2} = \frac{(40 + 2,94)1200}{40 + 0,94} = 1257 \text{ об/с.}$$

Платформа с человеком будет обладать только кинетической вращательной энергией T , определяемой по формуле: $T = \frac{J\omega^2}{2}$, (3)

где J – суммарный момент инерции, ω – угловая скорость.

Отсюда можно получить, полагая, что T_1 – кинетическая энергия платформы с человеком с разведенными руками, а T_2 – кинетическая энергия платформы с человеком с опущенными руками:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\left(\frac{mR^2}{2} + J_1\right) \cdot n_1^2}{\left(\frac{mR^2}{2} + J_2\right) \cdot n_2^2} = \frac{(40+0,98) \cdot 1257^2}{(40+2,94) \cdot 2^2} = 1,05 \text{ раза.}$$

Таким образом, кинетическая энергия системы платформа-человек увеличилась на $\frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{1,05 - 1,00}{1,00} = 0,05 = 5\%$.

Типовые задачи

Задача 1. Шар, массой 10 кг, движущийся со скоростью 4 м/с, сталкивается с шаром массой 4 кг, скорость которого 12 м/с. Считая удар прямым, неупругим, найти скорость шаров после удара в двух случаях:

- 1) малый шар нагоняет большой шар, движущийся в том же направлении;
- 2) шары движутся навстречу друг другу.

Задача 2. Два груза массами 10 кг и 15 кг подвешены на нитях длиной 2 м, так что грузы соприкасаются между собой. Меньший груз был отклонен на угол 60° и выпущен. Определить высоту, на которую поднимутся оба груза после удара. Удар грузов считать неупругим.

Задача 3. С одного уровня наклонной плоскости одновременно начинают скатываться без скольжения сплошные цилиндр и шар одинаковых масс и одинаковых радиусов.

Определить:

- 1) отношение скоростей цилиндра и шара на данном уровне;
- 2) их отношение в данный момент времени.

Задача 4. На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром 0,8 м и массой 6 кг стоит человек массой 60 кг.

С какой угловой скоростью будет вращаться скамья, если человек поймает летящий на него со скоростью 5 м/с мяч массой 0,5 кг? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии 0,4 м от оси платформы.

Задача 5. Два шара массами 2,5 кг и 1,5 кг движутся навстречу друг другу со скоростями 6 м/с и 2 м/с соответственно. Определить: 1) скорость шаров после удара; 2) кинетические энергии шаров после удара; 3) долю кинетической энергии шаров, превратившейся во внутреннюю энергию. Удар считать прямым, неупругим.

Контрольные вопросы

1. Что называется механической системой? Какие системы являются замкнутыми?
2. В чем заключается закон сохранения импульса? В каких системах он выполняется? Почему он является фундаментальным законом природы?
3. Каким свойством пространства обуславливается справедливость закона сохранения импульса?
4. Что называется центром масс системы материальных точек? Как движется центр масс замкнутой системы?
5. В чем заключается закон сохранения механической энергии? Для каких систем он выполняется?
6. Необходимо ли условие замкнутости системы для выполнения закона сохранения механической энергии?
7. В чем физическая сущность закона сохранения и превращения энергии?
8. Чем отличается абсолютно упругий удар от абсолютно неупругого?
9. Какова формула для кинетической энергии тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, и как ее вывести?
10. Что такое момент импульса материальной точки и твердого тела?
11. Как определяется направление момента импульса?
12. Сформулируйте и запишите уравнение динамики вращательного движения через момент импульса твердого тела.
13. В чем заключается физическая сущность закона сохранения момента импульса? В каких системах отсчета он выполняется? Приведите примеры.

Практическое занятие № 4

Раздел 2. «Молекулярная физика и термодинамика».

Тема: «Основы молекулярной физики»

Цель: Закрепить теоретический материал по теме. Получить практические навыки по определению параметров состояния газа с использованием законов идеального газа и уравнения Клапейрона-Менделеева. Использование основного уравнения молекулярно – кинетической теории идеальных газов, распределений Максвелла, Больцмана для определения параметров состояния газа и движения его молекул.

Отводимое время на занятие – 2ч.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть теоретические вопросы по конспектам и рекомендуемым источникам
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить типовые задачи
4. Ответить на контрольные вопросы

Рассматриваемые теоретические вопросы

1. Молекулярное строение вещества.
2. Параметры, характеризующие состояние газа.
3. Понятие идеального газа. Основные законы идеального газа.
4. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
5. Основное уравнение молекулярно – кинетической теории идеальных газов.
6. Тепловое равновесие. Абсолютная температура
7. Распределение молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения.
8. Постоянная Больцмана.
9. Средняя длина свободного пробега молекул.
10. Использование законов идеального газа и основного уравнения молекулярно–кинетической теории идеальных газов, для определения параметров состояния газа и движения его молекул.

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1.

Сколько атомов содержится в одном грамме углекислого газа?

Решение

ДАНО:

CO₂

$m = 1 \text{ г} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

n - ?

Так как молекула CO₂ состоит из трех атомов, то число атомов n связано с числом молекул N следующим образом:

$$n = 3N. \quad (1)$$

Число молекул определяется как

$$N = \nu N_A, \quad (2)$$

где ν – число молей, N_A – число Авогадро.

Число молей, содержащихся в массе вещества m , определяется как

$$\nu = \frac{m}{M}, \quad (3)$$

где M – масса одного моля вещества (молярная масса).

Молярная масса углекислого газа находится, исходя из атомных весов углерода и кислорода, представленных в Периодической таблице Менделеева, и стехиометрии (химической формулы) углекислого газа:

$$M(\text{CO}_2) = (12 + 16 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}.$$

Учитывая (1) – (3), получим:

$$n = \frac{3mN_A}{M} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{44 \cdot 10^{-3}} = 4,1 \cdot 10^{22} \text{ (атомов)}.$$

ПРИМЕР 2.

При пожаре температура воздуха в помещении возросла на 400 К. Во сколько раз при этом увеличился объем, занимаемый одним киломолем воздуха? Каково станет давление воздуха в помещении, если считать его абсолютно герметичным? Воздух в комнате считать идеальным газом.

Решение

ДАНО:

$\Delta T = 400 \text{ К}$

$\nu = 1 \text{ кмоль}$

$p_1 = 760 \text{ мм рт.ст.} = 10^5 \text{ Па}$

$T_1 = 293 \text{ К}$

$\Delta V, p_2$ - ?

Изменение объема газа ΔV определяется как

$$\Delta V = V_2 - V_1, \quad (1)$$

где V_2 – конечный объем газа,
 V_1 – начальный объем газа.

Запишем уравнение Клапейрона – Менделеева для начального и конечного состояний газа:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1; \quad (2)$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2; \quad (3)$$

где V – количество вещества (число молей), R – универсальная газовая постоянная.

Из уравнений (2), (3) выразим начальный и конечный объемы, учитывая, что в рассматриваемом случае $p_2 = p_1$:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{\nu R (T_1 + \Delta T)}{p_1} - \frac{\nu R T_1}{p_1} = \frac{\nu R \Delta T}{p_1} = \frac{10^3 \cdot 8,3 \cdot 400}{10^5} = 33,2 \text{ м}^3.$$

Для второго случая происходит изохорный процесс, для которого $V_1 = V_2$. Тогда из уравнений (2), (3) следует, что

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_1 + \Delta T}. \quad (4)$$

Отсюда получим:

$$p_2 = \frac{p_1 (T_1 + \Delta T)}{T_1} = \frac{10^5 (293 + 400)}{293} = 2,36 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Проверим размерность:

$$[p_2] = \frac{\text{Па} \cdot \text{К}}{\text{К}} = \text{Па}.$$

ПРИМЕР 3.

Найти молярную массу газовой смеси, состоящей из 25 г кислорода и 75 г азота.

Решение

ДАНО:

$$m_1(O_2) = 25 \text{ г} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$m_2(N_2) = 75 \text{ г} = 75 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

 $M_{\text{смеси}} - ?$

Молярная масса газовой смеси
определяется по формуле:

$$M_{\text{смеси}} = \frac{m_1 + m_2}{\nu_1 + \nu_2}, \quad (1)$$

где ν_i – число молей i -го компонента смеси.

Известно, что

$$\nu_i = \frac{m_i}{M_i}, \quad (2)$$

где m_i – масса i -го компонента смеси, M_i – молярная масса i -го компонента смеси.

Из атомных весов и химических формул кислорода и азота следует, что молярная масса кислорода $M_1 = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, а молярная масса азота $M_2 = 28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Таким образом получим:

$$M_{\text{смеси}} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}} = \frac{100 \cdot 10^{-3}}{\frac{25 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-3}} + \frac{75 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-3}}} = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

Типовые задачи

Задача 1.

Найти молярную массу смеси кислорода массой 25 г и азота массой 75 г.

Задача 2. Определить:

- 1) число молекул воды, занимающей при температуре 4°C объем 1 мм³;
- 2) массу молекулы воды;
- 3) диаметр молекулы воды, считая, что молекулы имеют форму шариков, соприкасающихся друг с другом.

Задача 3. В баллоне объемом 10 л находится гелий под давлением 1 МПа при температуре 300 К. После того как из баллона был израсходован гелий массой 10 г, температура в баллоне понизилась до 290 К. Определить давление гелия, оставшегося в баллоне.

Задача 4. В колбе вместимостью 0,5 л находится кислород при нормальных условиях. Определить среднюю энергию поступательного движения всех молекул, содержащихся в колбе.

Задача 5. Барометр в кабине летящего самолета все время показывает одинаковое давление 79 кПа, благодаря чему летчик считает высоту полета неизменной. Однако температура воздуха за бортом самолета изменилась с 5°C до 1°C.

Какую ошибку в определении высоты допустил летчик? Давление у поверхности Земли считать нормальным.

Задача 6. Средняя длина свободного пробега молекулы углекислого газа при нормальных условиях равна 40 нм.

Определить среднюю арифметическую скорость молекул и число соударений, которые испытывает молекула в 1с.

Контрольные вопросы

1. Какова цель молекулярно-кинетической теории (МКТ) строения вещества? Сформулируйте основные положения МКТ.
2. Что такое атом? Что называют молекулой? Как движутся молекулы газа?
3. Дайте определение диффузии. Приведите примеры применения диффузии в природе, технике и жизни человека
4. Что такое броуновское движение? Приведите примеры.
5. Размеры и масса молекул.
6. Дайте определение количества вещества. Какова единица количества вещества в СИ.?
7. Что такое молярная масса и как ее можно найти с помощью таблицы Менделеева. Какова ее единица в системе СИ? Как связаны молярная и относительная молекулярная массы.?
8. Назовите числовое значение, определение и физический смысл постоянной Авогадро. Почему постоянная Авогадро одинакова для любого вещества?
9. Какие тела называют макроскопическими?
10. Назовите основные агрегатные состояния вещества. Какие изменения происходят в веществе при фазовых переходах?
11. Дайте определения идеального газа. При каких условиях реальные газы ведут себя подобно идеальному газу?
12. Назовите физические величины, которые являются микроскопическими параметрами идеального газа.
13. Назовите физические величины, которые являются макроскопическими параметрами идеального газа.
14. В чем причина давления газа? Сформулируйте и запишите основное уравнение МКТ идеального газа. Какой макроскопический и какие микроскопические параметры газа связывают это уравнение?
15. Получите и запишите формулу связи давления идеального газа со средней кинетической энергией движения молекул газа.
16. Дайте определение теплового равновесия.
17. Дайте определение температуры тела. Каковы единицы температуры в СИ? Каким соотношением определяется связь между температурными шкалами Кельвина и Цельсия?
18. Запишите формулу связи давления и температуры идеального газа. Чему равна постоянная Больцмана? Каков её физический смысл?
19. Получите и запишите уравнение Менделеева–Клапейрона.
20. Почему уравнение Менделеева–Клапейрона называют уравнением состояния идеального газа? Какие макроскопические параметры связывают это уравнение?

Практическое занятие № 5

Раздел 2. «Молекулярная физика и термодинамика».

Тема: «Физические основы термодинамики»

Цель: Закрепить теоретический материал по теме. Получить практические навыки по определению внутренней энергии, теплоемкости газов и энергетических характеристик изопроцессов. Получить практические навыки по определению характеристик тепловых машин.

Отводимое время на занятие – 2ч.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть теоретические вопросы по конспектам и рекомендуемым источникам
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить типовые задачи
4. Ответить на контрольные вопросы

Рассматриваемые теоретические вопросы

1. Понятие о числе степеней свободы молекул. Закон равномерного распределения энергии.
2. Понятие теплоемкости идеального газа. Удельная теплоемкость при постоянном объеме и постоянном давлении.
3. Определение внутренней энергии газа.
4. Расчет теплоемкости смеси газов.
5. Работа газа при изменении его объема.
6. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.
7. Понятие кругового процесса. Обратимые и необратимые процессы.
8. Цикл Карно и его КПД для идеального газа.

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1.

Двухатомный газ занимает объем 10 см^3 при давлении 40 мм рт.ст. и температуре 20°C . Какой внутренней энергией обладает этот газ, если полагать его идеальным?

Решение

ДАНО:

$$V = 10 \text{ см}^3 = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

$$p = 40 \text{ мм рт.ст.} = 5333 \text{ Па}$$

 $U = ?$

Внутренняя энергия идеального газа равна сумме кинетических энергий всех его молекул, то есть:

$$U = N\varepsilon_i, \quad (1)$$

где N – число молекул газа,

ε_i – средняя полная кинетическая энергия одной молекулы.

$$\varepsilon_i = \frac{ikT}{2}, \quad (2)$$

где k – постоянная Больцмана, i – число степеней свободы, T – абсолютная температура. Для двухатомных молекул $i = 5$.

Чтобы найти N , перепишем уравнение Клапейрона – Менделеева в следующем виде:

$$pV = \nu RT = \nu k N_A T = NkT, \quad (3)$$

где ν – число молей, N_A – число Авогадро.

Отсюда получим:

$$N = \frac{pV}{kT}. \quad (4)$$

Подставим (4), (2) в (1):

$$U = N\varepsilon_i = \frac{pVikT}{2kT} = \frac{ipV}{2} = \frac{5 \cdot 5333 \cdot 10^{-5}}{2} = \underline{0,133 \text{ Дж.}}$$

Проверим размерность:

$$[U] = \text{Па} \cdot \text{м}^3 = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^2} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж.}$$

ПРИМЕР 2.

Кислород занимает объем 1 м^3 и находится при давлении 200 кПа . Сначала газ нагрели при постоянном давлении до объема 3 м^3 , а затем при постоянном объеме до давления 500 кПа .

Построить график процесса и найти:

- 1) изменение внутренней энергии газа;
- 2) совершенную им работу;
- 3) количество теплоты, переданное газу.

Решение

ДАНО:

$$V_1 = 1 \text{ м}^3$$

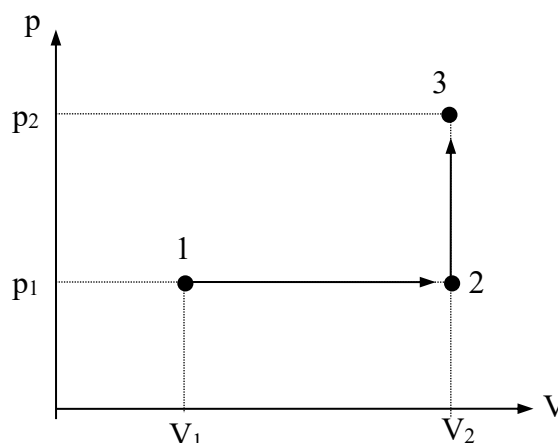
$$p_1 = 200 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V_2 = 3 \text{ м}^3$$

$$p_2 = 500 \text{ кПа} = 5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

 $\Delta U, A, Q - ?$

Построим график процесса. На графике точками **1**, **2**, **3** обозначены состояния газа, характеризующиеся следующими параметрами:
1 – V_1, p_1, T_1 ; **2** – V_2, p_1, T_2 ; **3** – V_2, p_2, T_3 .



1) Изменение внутренней энергии газа при его переходе из состояния **1** в состояние **3** выражается формулой:

$$\Delta U = c_v^{y\partial} m \Delta T, \quad (1)$$

где $c_v^{y\partial}$ – удельная теплоемкость газа при постоянном объеме;

m – масса газа; ΔT – разность температур, соответствующих конечному и начальному состояниям газа (**3** и **1**), то есть $\Delta T = T_3 - T_1$.

$$\text{Известно, что } c_v^{y\partial} = \frac{iR}{2M},$$

$$\text{где } M \text{ – молярная масса газа, поэтому: } \Delta U = \frac{imR(T_3 - T_1)}{2M} \quad (2)$$

Температуры T_1 и T_3 можно выразить через известные параметры с помощью уравнения Клапейрона – Менделеева ($pV = \frac{mRT}{M}$):

$$T_1 = \frac{Mp_1V_1}{mR} \quad \text{и} \quad T_3 = \frac{Mp_2V_2}{mR}.$$

Тогда уравнение (2) можно переписать в виде:

$$\Delta U = \frac{i \cdot (p_2 V_2 - p_1 V_1)}{2}. \quad (3)$$

Учтем, что для кислорода, как двухатомного газа, $i=5$, и произведем необходимые вычисления:

$$\Delta U = \frac{5 \cdot (5 \cdot 10^5 \cdot 3 - 2 \cdot 10^5 \cdot 1)}{2} = 3,25 \text{ МДж.}$$

Проверим размерность:

$$[\Delta U] = \text{Па} \cdot \text{м}^3 = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^2} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж.}$$

2) Полная работа A , совершаемая газом, равна

$$A = A_1 + A_2, \quad (4)$$

где A_1 – работа на участке **1→2**, а A_2 – работа на участке **2→3**.

На участке **1→2** давление постоянно.

В этом случае работа A_1 определяется по формуле

$$A_1 = p_1 \Delta V = p_1 (V_2 - V_1). \quad (5)$$

На участке **2→3** объем газа не меняется, поэтому $A_2 = 0$. Следовательно

$$A = A_1 = p_1 (V_2 - V_1) = 2 \cdot 10^5 (3 - 1) = 0,4 \text{ МДж.}$$

(3) Согласно Первому началу термодинамики

$$Q = \Delta U + A.$$

Подставляя численные значения, получим:

$$Q = 3,25 + 0,4 = 3,65 \text{ МДж.}$$

Типовые задачи

Задача 1. Вычислить удельные теплоемкости c_v и c_p смеси неона и водорода. Массовые доли газов соответственно равны $\omega_1 = 0,8$ и $\omega_2 = 0,2$.

Задача 2. Определить количество теплоты, поглощаемой водородом массой $0,2 \text{ кг}$ при нагревании его от температуры 0°C до 100°C при постоянном давлении.

Задача 3. Кислород занимает объем 1 м^3 и находится под давлением 200 кПа . Газ нагрели сначала при постоянном давлении до объема 3 м^3 , а затем при постоянном объеме до давления 500 кПа .

Построить график процесса и найти:

- 1) изменение внутренней энергии газа;
- 2) совершенную им работу;
- 3) количество теплоты переданное газу.

Задача 4. В цилиндре под поршнем находится водород массой 20г при температуре 300К. Водород сначала был подвергнут адиабатическому расширению, в результате чего его объем увеличился в 5 раз, а затем изотермическому сжатию, при котором объем газа опять уменьшился в 5 раз. Найти температуру газа в конце адиабатического расширения и работу, совершенную газом.

Изобразить процесс графически.

Задача 5. Нагреватель тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно, имеет температуру 200°C. Определить температуру охладителя, если при получении от нагревателя количества теплоты 1 Дж машина совершает работу 0,4 Дж. Потери на трение и теплоотдачу не учитывать.

Контрольные вопросы

1. Что такое внутренняя энергия идеального газа? Какими параметрами она определяется?
2. В результате каких процессов может изменяться внутренняя энергия системы?
3. Что такое теплоемкость газа? Какая из теплоемкостей C_v или C_p больше и почему?
4. Как объяснить температурную зависимость молярных теплоемкостей для многоатомных газов.
5. Нагревается или охлаждается идеальный газ, если он расширяется при постоянном давлении?
6. Температура газа в цилиндре постоянна. Запишите на основе первого начала термодинамики соотношение между сообщенным количеством теплоты и совершенной работой.
7. Газ переходит из одного и того же начального состояния 1 в одно и то же конечное состояние 2 в результате следующих процессов:
 - 1) изотермического;
 - 2) изобарного;
 - 3) изохорного.

Рассмотрев эти процессы графически, показать:

- 1) когда работа расширения максимальна;
 - 2) когда газу сообщается максимальное количество теплоты.
8. Почему адиабата более крута, чем изотерма?
9. Чем отличаются обратимые и необратимые процессы? Почему все реальные процессы необратимы?
10. Возможен ли процесс, при котором теплота, взятая от нагревателя, полностью преобразуется в работу?
11. Представив цикл Карно на диаграмме p, V графически, укажите, какой площадью определяется: 1) работа, совершенная над газом; 2) работа, совершенная самим расширяющимся газом.

Практическое занятие № 6

Раздел 3. «Электричество и магнетизм».

Тема: «Постоянный электрический ток»

Цель: Закрепить теоретический материал по теме. Получить практические навыки по определению параметров электрической цепи постоянного тока.

Отводимое время на занятие – 2ч.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть теоретические вопросы по конспектам и рекомендуемым источникам
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить типовые задачи
4. Ответить на контрольные вопросы

Рассматриваемые теоретические вопросы

1. Понятие электрического тока. Сила и плотность тока.
2. Сторонние силы. Электродвижущая сила и напряжение.
3. Закон Ома. Сопротивление проводников.
4. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.
5. Зависимость сопротивления проводников от температуры.
6. Определению параметров электрической цепи постоянного тока. с использованием законов Ома и правил Кирхгофа.

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1.

Зашунтированный амперметр измеряет токи силой до 10 А. Какую наибольшую силу тока сможет измерить этот амперметр без шунта, если сопротивление амперметра 0,02 Ом, а сопротивление шунта 0,005 Ом.

Решение

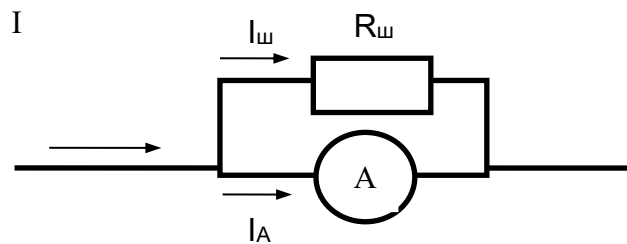
Дано:

$$I = 10 \text{ А}$$

$$R_A = 0,02 \text{ Ом}$$

$$R_{ш} = 0,005 \text{ Ом}$$

$$I_A = ?$$



Согласно правилам для параллельного соединения (или из более общих правил Кирхгофа):

$$I = I_{ш} + I_A. \quad (1)$$

$$I_{ш}R_{ш} = I_AR_A. \quad (2)$$

Из (2) получим
$$I_{ш} = \frac{I_AR_A}{R_{ш}}. \quad (3)$$

Подставив (3) в (1), приходим к выражению:
$$I = \frac{I_AR_A}{R_{ш}} + I_A. \quad (4)$$

Решая (4) относительно I_A , получим:
$$I_A = \frac{I}{\frac{R_A}{R_{ш}} + 1} = \frac{10}{\frac{0,02}{0,005} + 1} = \frac{10}{4 + 1} = 2 \text{ А}.$$

ПРИМЕР 2.

Какой длины надо взять нихромовый провод сечением $0,1 \text{ мм}^2$, чтобы изготовить нагреватель, на котором можно за 5 минут довести до кипения 5 л воды, взятой при 20°C . Напряжение на полюсах источника тока 200 В. Считать, что КПД нагревателя 90%, а удельное сопротивление нихрома $1,1 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$.

Решение

Дано:

$$S = 0,1 \text{ мм}^2 = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$$

$$V = 1,5 \text{ л} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t_1^o = 20^o\text{C}, t_2^o = 100^o\text{C}$$

$$U = 200 \text{ В}$$

$$\eta = 90\% = 0,9$$

$$\rho = 1,1 \text{ мкОм} \cdot \text{м} = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

$$I - ?$$

Согласно определению

$$\text{КПД} = \eta = \frac{Q_{\Pi}}{Q_3} \quad (1),$$

где Q_{Π} – полезная теплота, то есть теплота, пошедшая на нагрев воды;

Q_3 – затраченная теплота, то есть теплота, выделяемая нагревателем.

Известно, что

$$Q_{\Pi} = cm(t_2^o - t_1^o) \quad (2),$$

где c – удельная теплоемкость воды, равная 4190 Дж/кг·К (табличная величина);

m – масса воды.

Массу воды можно определить через ее объем и плотность:

$$m = \rho_{\text{в}} \cdot V \quad (3),$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды (табличная величина, равная 1000 кг/м³).

Отсюда следует

$$Q_{\Pi} = c\rho_{\text{в}}V(t_2^o - t_1^o). \quad (4)$$

Затраченная теплота по закону Джоуля-Ленца равна:

$$Q_3 = \frac{U^2 t}{R} \quad (5)$$

где R – электрическое сопротивление проводника,

t – время действия тока.

Известно, что

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (6),$$

где ρ – удельное сопротивление провода;

l – его длина;

S – площадь сечения провода.

Таким образом:

$$Q_3 = \frac{U^2 t S}{\rho \cdot l}. \quad (7)$$

Подставляя выражения (7) и (4) в уравнение (1), получим:

$$\frac{c\rho_{\text{в}}V(t_2^o - t_1^o)\rho \cdot l}{U^2 t S} = \eta. \quad (8)$$

Решая (8) относительно l , приходим к выражению:

$$l = \frac{\eta U^2 t S}{c \rho^B V (t_2^o - t_1^o) \cdot \rho}.$$

Проверим размерность:

$$[l] = \left[\frac{B^2 \cdot c \cdot M^2 \cdot K^2 \cdot K}{Дж \cdot кг \cdot M^{-3} \cdot M^3 \cdot K \cdot Ом \cdot M} = \frac{B^2 \cdot c \cdot M}{Дж \cdot Ом} = \frac{Дж \cdot Ом \cdot M}{Дж \cdot Ом} = M \right].$$

Подставим числовые значения:

$$l = \frac{0,9 \cdot 200^2 \cdot 5 \cdot 60 \cdot 10^{-7}}{4190 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6}} = 1,95 \text{ м.}$$

Типовые задачи

Задача 1.

Определить заряд, прошедший по проводу с сопротивлением 3 Ом при равномерном нарастании напряжения на концах провода от 2 В до 4 В в течение времени равном 20 с.

Задача 2.

Имеется предназначенный для измерения токов до 10 А амперметр, сопротивление которого равно 0,18 Ом. Какое сопротивление надо использовать и как его подключить, чтобы этим амперметром можно было измерять токи до 100 А?

Задача 3.

Потенциометр с сопротивлением 100 Ом подключен к источнику тока, ЭДС которого равна 150 В и внутреннее сопротивление 50 Ом.

Определить показания вольтметра с сопротивлением 500 Ом, соединенного проводником с одной из клемм потенциометра и подвижным контактом с серединой обмотки потенциометра.

Какова разность потенциалов между теми же точками потенциометра при отключенном вольтметре?

Задача 4.

При замыкании элемента на сопротивление 0,38 Ом идет ток силой 5 А, при замыкании этого элемента на сопротивление 0,27 Ом идет ток силой 7 А. Чему равна сила тока короткого замыкания?

Задача 5.

Сколько воды можно вскипятить, затратив 3 кВт·ч электроэнергии? Начальная температура воды 10°C. Потерями тепла пренебречь.

Контрольные вопросы

1. Назовите условия возникновения и существования электрического тока.
2. Что такое сторонние силы? Какова их природа?
3. В чем заключается физический смысл электродвижущей силы, действующей в цепи?
4. Какова связь между сопротивлением и проводимостью, удельным сопротивлением и удельной проводимостью? Каковы их единицы измерения?
5. Чему равна работа по перемещению заряда в электростатическом поле?
6. Сформулируйте закон Джоуля – Ленца и поясните его физический смысл.
7. Выведите законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме.
8. Приведите примеры использования в технике закона Джоуля – Ленца.
9. На чем основано действие термометров сопротивления?
10. В чем заключается явление сверхпроводимости?
11. Как формулируются правила Кирхгофа? На чем они основаны?

Практическое занятие № 7

Раздел 3. «Электричество и магнетизм».

Тема: «Электромагнетизм»

Цель: Закрепить теоретический материал по теме. Получить практические навыки по определению характеристик магнитного поля с помощью закона Био-Савара-Лапласа. Получить практические навыки по определению взаимодействия магнитного поля с проводников с током и электрическим зарядом. Получить практические навыки по определению ЭДС электромагнитной индукции, а также определению индуктивности контура и ЭДС самоиндукции и взаимной индукции.

Отводимое время на занятие – 2ч.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть теоретические вопросы по конспектам и рекомендуемым источникам
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить типовые задачи
4. Ответить на контрольные вопросы

Рассматриваемые теоретические вопросы

1. Магнитное поле и его основные характеристики (магнитная индукция и напряженность). Закон Био-Савара-Лапласа.
2. Магнитное поле прямого тока. Магнитное поле в центре кругового проводника с током.
3. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов.
4. Магнитное поле движущегося заряда. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.
5. Закон полного тока для магнитного поля. Магнитное поле соленоида и тороида.
6. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.
7. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея и его вывод из закона сохранения энергии. Правило Ленца.
8. Понятие об индуктивности контура. Явление самоиндукции.
9. Явление взаимной индукции. Трансформатор.

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1.

Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу.

По рамке и проводу текут одинаковые постоянные токи силой 1 кА.

Определить силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии, равном стороне рамки.

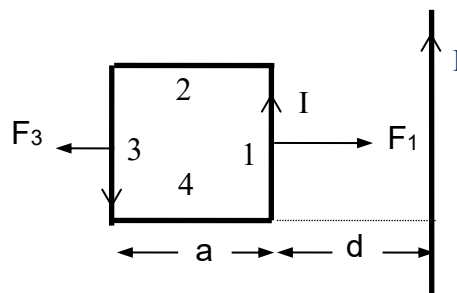
Решение

Дано:

$$I = 1 \text{ кА} = 1 \cdot 10^3 \text{ А}$$

$$d = a$$

$$F = ?$$



Из закона Ампера следует: $d\vec{F} = I \cdot [d\vec{l} \vec{B}]$,

где $d\vec{F}$ – сила, действующая на элемент проводника длиной dl , находящийся в магнитном поле с индукцией B (из правила буравчика следует, что $\vec{B}$ направлена вверх перпендикулярно плоскости чертежа), по которому течет постоянный ток силой I , следует, что силы F_2 и F_4 , действующие соответственно на 2-ю и 4-ю стороны рамки, уравниваются друг друга, так как они равны по модулю и противоположны по направлению. Силы F_1 и F_3 также будут противоположно направлены, однако они уже не будут уравниваться друг друга, так как магнитная индукция поля, создаваемого длинным прямым проводом будет существенно различной для первой и третьей сторон рамки. Таким образом,

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 \quad \text{или} \quad F = F_1 - F_3. \quad (1)$$

$$\text{Из закона Ампера также следует, что } F_1 = aB_1I; \quad F_3 = aB_3I \quad (2),$$

где B_1 , B_3 – магнитные индукции поля, создаваемого прямым длинным проводом в районе сторон 1 и 3 соответственно.

С другой стороны, используя формулу для определения магнитной индукции поля, создаваемого длинным прямым проводом, можно получить:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot a}; \quad B_3 = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot a}.$$

С учетом формул (1), (2) получим:

$$F = \frac{\mu_0 a \cdot I^2}{2\pi \cdot a} - \frac{\mu_0 a \cdot I^2}{4\pi \cdot a} = \frac{\mu_0 \cdot I^2}{\pi} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right) = \frac{\mu_0 \cdot I^2}{4\pi}.$$

Проверим размерность:

$$[F] = \left[\frac{\Gamma_H \cdot A^2}{M} = \frac{B \cdot c \cdot A^2}{A \cdot M} = \frac{B \cdot c \cdot A}{M} = \frac{H \cdot M}{M} = H \right].$$

Подставим числовые значения: $F = \frac{4 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot (1 \cdot 10^3)^2}{3,14} = 0,1 \text{ Н.}$

ПРИМЕР 2.

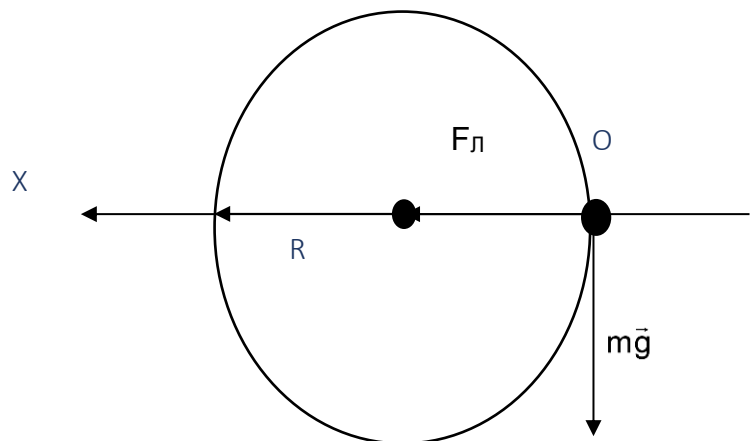
Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $5 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ по окружности радиуса $R = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$. Определить кинетическую энергию электрона.

Дано:

$$B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$R = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$E - ?$



Кинетическая энергия частицы определяется по формуле:

$$E = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

где m – масса электрона равная $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.

Чтобы определить скорость электрона запишем уравнение движения его, т.е.

$$\text{второй закон Ньютона: } \sum_{i=1}^N \vec{F}_i = m\vec{a} \quad (2)$$

Силы, действующие на электрон показаны на рисунке.

Тогда уравнение (2) будет иметь вид:

$$\vec{F}_л + m\vec{g} = m\vec{a} \quad (3)$$

Но так как в данной задаче силой тяжести можно пренебречь (из-за малой массы электрона), и учитывая, что ускорение $\vec{a}$ является нормальным ускорением, то после проецирования на ось ОХ имеем: $F_л = \frac{mv^2}{R}$,

$$\text{Или } qvB = \frac{mv^2}{R}, \quad \text{откуда } v = \frac{RqB}{m} \quad (4)$$

где q – заряд электрона ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

Подставим (4) в (1) получим:

$$E = \frac{m \cdot R^2 \cdot q^2 \cdot B^2}{2 \cdot m^2} = \frac{R^2 \cdot q^2 \cdot B^2}{2 \cdot m}.$$

Проверим размерность:

$$E = \left[\frac{м^2 \cdot Кл^2 \cdot Тл^2}{Кг} = \frac{м^2 \cdot А^2 \cdot с^2 \cdot Н^2}{Кг \cdot А^2 \cdot м^2} = \frac{с^2 \cdot Н \cdot Кг \cdot м}{Кг \cdot с^2} = Дж \right].$$

Подставим числовые значения:

$$E = \frac{(4 \cdot 10^{-2})^2 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2}{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}} = 57 \cdot 10^{-15} \text{ Дж.}$$

ПРИМЕР 3.

Прямоугольная проволочная рамка площадью 25 см^2 равномерно вращается с частотой 10 оборотов в секунду в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Определить мгновенное значение э.д.с., индуцированной в рамке при угле поворота, равном 45° .

Решение

Дано:

$$S = 25 \text{ см}^2 = 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$n = 10 \text{ с}^{-1}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$\varphi = 45^\circ$$

$$\varepsilon_i - ?$$

Мгновенное значение э.д.с. индукции ε_i определяется основным уравнением магнитной индукции:

$$\varepsilon_i = \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

где Φ – магнитный поток, пронизывающий рамку.

При равномерном вращении рамки в однородном магнитном поле магнитный поток,

$$\Phi = BS \cos \omega t, \quad (2)$$

где S – площадь рамки;
 ω – угловая скорость.

Подставив выражение для Φ в формулу (1) получим:

$$\varepsilon_i = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t. \quad (3)$$

Угловая скорость ω связана с частотой вращения n соотношением:

$$\omega = 2\pi n. \quad (4)$$

Подставив (4) в (3) получим:

$$\varepsilon_i = 2\pi nBS \sin \omega t = 2\pi nBS \sin \varphi.$$

Проверим размерность:

$$[\varepsilon_i] = \left[\frac{Tл \cdot м^2}{с} = \frac{Н \cdot м^2}{А \cdot м \cdot с} = \frac{Н \cdot м}{А \cdot с} = \frac{В \cdot А \cdot с}{А \cdot с} = В \right].$$

Подставим числовые значения:

$$\varepsilon_i = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 0,125 \cdot 10^{-4} \cdot 0,707 = 11 \cdot 10^{-3} \text{ В}.$$

Типовые задачи

Задача 1.

Два параллельных бесконечно длинных провода, по которым текут в одном направлении постоянные токи равные 60 А, расположены на расстоянии 10 см друг от друга.

Определить магнитную индукцию в точке, отстоящей от одного проводника на расстоянии 5 см и от другого – 12 см.

Задача 2.

Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые постоянные токи силой 100 А.

Определить силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии, равном стороне рамки.

Задача 3.

Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 400 В, попал в однородное магнитное поле с индукцией 1,5 мТл.

Определить:

- 1) радиус кривизны траектории движения электрона;
- 2) частоту вращения электрона в магнитном поле. Вектор скорости электрона перпендикулярен линиям индукции.

Задача 4.

Проволочное кольцо радиусом 10 см лежит на столе. Какой ток протечет по кольцу, если его перевернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца 1 Ом. Вертикальная составляющая магнитного поля Земли равна 50 мкТл.

Задача 5.

При скорости изменения силы тока в соленоиде, равной 50 А/с, на его концах возникает ЭДС самоиндукции 0,08 В.

Определить индуктивность соленоида.

Контрольные вопросы

1. Что называют индукцией магнитного поля? Как определяют направление вектора магнитной индукции $\vec{B}$?
2. Записав закон Био-Савара – Лапласа, объясните его физический смысл.
3. Рассчитайте, применяя закон Био-Савара – Лапласа, магнитное поле: а) прямого тока; б) в центре кругового проводника с током.
4. Найдите выражение для силы взаимодействия двух бесконечных прямолинейных одинаковых токов противоположного направления. Начертите рисунок с указанием сил.
5. Чему равна и как направлена сила, действующая на отрицательный электрический заряд, движущийся в магнитном поле?
6. Чему равна работа силы Лоренца при движении протона в магнитном поле? Ответ обосновать.
7. В чем заключается теорема о циркуляции вектора магнитной индукции ? Применив ее, рассчитайте магнитное поле прямого тока.

8. Что называют потоком вектора магнитной индукции? Запишите теорему Гаусса для магнитного поля, объяснив его физический смысл.
9. В чем заключается явление электромагнитной индукции?
10. Что является причиной возникновения э.д.с. индукции в замкнутом проводящем контуре? От чего и как зависит э.д.с. индукции, возникающая в контуре?
11. Сформулируйте правило Ленца, проиллюстрировав его примерами.
12. Какова природа э.д.с. электромагнитной индукции?
13. Выведите выражение для э.д.с. индукции в плоской рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле. За счет чего ее можно увеличить?
14. Что такое вихревые токи? Вредны они или полезны?
15. В чем заключаются явления самоиндукции и взаимной индукции? Вычислите э.д.с. индукции для обоих случаев.
16. Когда э.д.с. самоиндукции больше – при замыкании или размыкании цепи постоянного тока?

Практическое занятие № 8

Раздел 4. «Колебания и волны».

Тема: «Механические колебания и волны»

Цель: Закрепить теоретический материал по теме. Получить практические навыки по определению характеристик гармонических колебаний.

Отводимое время на занятие – 2ч.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть теоретические вопросы по конспектам и рекомендуемым источникам
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить типовые задачи
4. Ответить на контрольные вопросы

Рассматриваемые теоретические вопросы

1. Механические гармонические колебания и их характеристики.
2. Понятия математического и физического маятников.
3. Энергия механических гармонических колебаний.
4. Определение характеристик гармонических колебаний.
5. Дифференциальные уравнения свободных и вынужденных колебаний.
6. Продольные и поперечные волны. Волновое уравнение.

Примеры решения задач

Пример 1. По представленному графику определите амплитуду и период колебаний нитяного маятника.

Решение:

1. Отмечаем точку равновесия.
2. Находим амплитуду колебаний, т.е. максимальное смещение тела от положения равновесия.

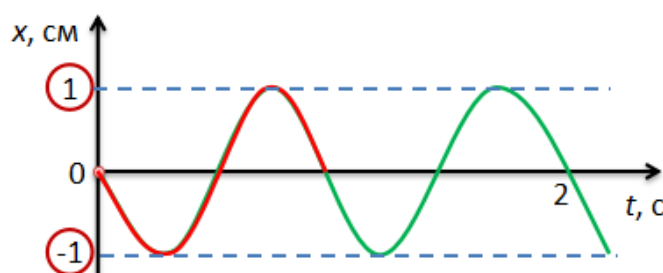
$$A = 1 \text{ см.}$$

3. Определяем период колебаний — время одного полного колебания.

$$N = 2, t = 2 \text{ с.}$$

$$T = \frac{t}{N} = \frac{2 \text{ с}}{2} = 1 \text{ с.}$$

Ответ: $A = 1 \text{ см}, T = 1 \text{ с.}$



Пример 2. Пружинный маятник совершил за 4 секунды 16 полных колебаний. Определите период и частоту колебаний этого маятника.

Дано:	Решение:
$t = 4 \text{ с}$	$T = \frac{t}{N} = \frac{4 \text{ с}}{16} = 0,25 \text{ с.}$
$N = 16$	
$T = ?$	$\nu = \frac{1}{T} \text{ или } \nu = \frac{N}{t}$
$\nu = ?$	$= \frac{16}{4 \text{ с}} = 4 \text{ Гц.}$

$$T \cdot \nu = 0,25 \cdot 4 = 1$$

Характерная особенность
механических колебаний

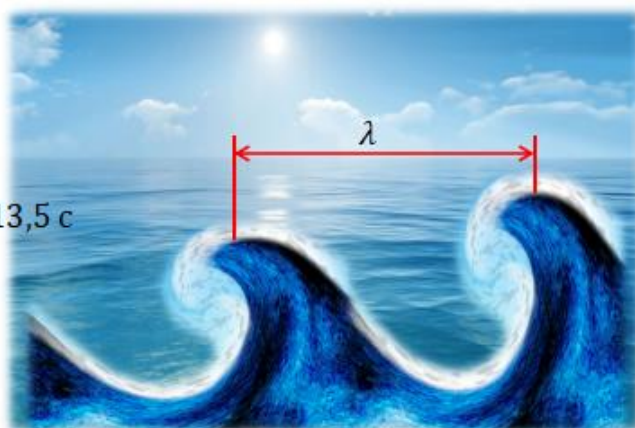


Ответ: $T = 0,25 \text{ с}; \nu = 4 \text{ Гц.}$

Пример 3. Длина океанической волны составляет 270 метров, период составляет 13,5 секунды. Определите скорость распространения волн.

Дано:	Решение:
$\lambda = 270 \text{ м}$	$v = \lambda \nu$
$T = 13,5 \text{ с}$	$\nu = \frac{1}{T}$
$v = ?$	$v = \frac{\lambda}{T}$
	$T = 13,5 \text{ с}$
	$v = \frac{270 \text{ м}}{13,5 \text{ с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Ответ: $v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.



Пример 4. Определите, во сколько раз будет отличаться длина звуковой волны при переходе из воздуха в воду. Считать, что скорость распространения звука в воздухе 340 м/с, в воде 1450 м/с.

Дано:	Решение:
$v_1 = 340 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$v_1 = v_2$
$v_2 = 1450 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	При переходе волны из одной среды в другую частота колебаний сохраняется.
$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = ?$	$\downarrow$ $T_1 = T_2$ $\lambda_1 = v_1 T \quad \lambda_2 = v_2 T$ $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2 T}{v_1 T} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1450 \text{ м/с}}{340 \text{ м/с}} \approx 4,3$

Ответ: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 4,3$.

Пример 5. В результате выстрела было услышано эхо через 20 секунд после произведенного выстрела. Определите расстояние до преграды, если скорость звука составляла 340 м/с.

Дано:	Решение:
$t = 20 \text{ с}$	Эхо – это отраженная волна.
$v = 340 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$s_1 = vt$
$s = ?$	$s_1 = 340 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 20 \text{ с} = 6800 \text{ м.}$
	$s = \frac{s_1}{2} = \frac{6800 \text{ м}}{2} = 3400 \text{ м.}$

Ответ: $s = 3400 \text{ м.}$

Пример 6. Маятник совершает колебания между точками 1 и 3, как показано на рисунке. Определите, в каких точках кинетическая энергия маятника является минимальной.

1. В точках 1 и 2.
2. В точках 1 и 3.
3. В точках 2 и 3.
4. Во всех точках одинаково.

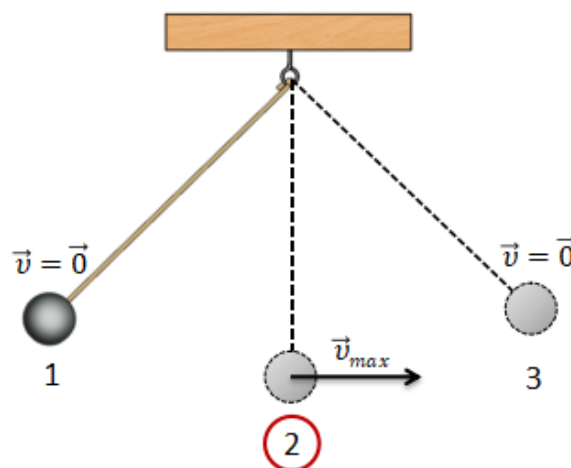
Решение:

Кинетическая энергия – это энергия движения.

$$E_{k1} = E_{k3} = 0.$$

$$E_{k2} = \text{max.}$$

Ответ: В точках 1 и 3.



Пример 7

Скорость звука в воде 1450 м/с. На каком расстоянии находятся ближайшие точки, совершающие колебания в противоположных фазах, если частота колебаний равна 725 Гц?

Дано:

$$v = 1450 \text{ м/с}; \\ f = 725 \text{ Гц.}$$

Найти:

$$S - ?$$

Решение:

Согласно рисунку, расстояние между ближайшими точками А и В, совершающими колебания в противоположных фазах, равно половине длины волны, то есть

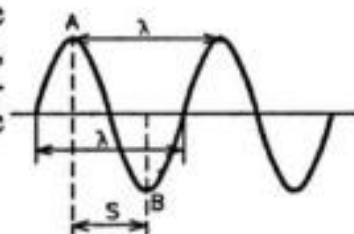
$$S = \frac{\lambda}{2}$$

Определим длину звуковой волны в воде:

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}, \text{ так как } T = \frac{1}{f}.$$

$$\text{Тогда } S = \frac{v}{2f}; S = \left[\frac{\text{м/с}}{\text{Гц}} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{м} \right]$$

$$S = \frac{1450}{2 \cdot 725} = 1 \text{ м.}$$



Ответ: $S = 1 \text{ м.}$

Пример 8

Точка совершает колебания по гармоническому закону. Амплитуда колебаний равна 5 см, а период – 4 секунды. Каковы максимальная скорость колеблющейся точки и её ускорение?

Решение

Запишем уравнение гармонических колебаний:

$$x = A \cos \omega t$$

Здесь ω – циклическая частота:

$$\omega = 2\pi/T$$

Скорость и ускорение точки вычисляются по формулам механики:

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = (A \cos \omega t)' = -A\omega \sin \omega t$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = (-A\omega \sin \omega t)' = -A\omega^2 \cos \omega t$$

Модули ускорения и скорости максимальны тогда, когда значение тригонометрической функции в выражениях равно единице:

$$|v_{max}| = A\omega = \frac{A * 2\pi}{T} = \frac{5 * 2\pi}{4} = 8 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$|a_{max}| = A\omega^2 = A\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = 5\left(\frac{2\pi}{4}\right)^2 = 12 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$$

Ответ: 8 см/с; 12 см/с².

Пример 9

Вибропитатель, служащий для подачи руды в дробилку, совершает гармоническое колебательное движение, уравнение которого имеет вид:

$X = \cos \frac{\pi}{2}(40t + 1)$, см. Найти амплитуду, период, частоту и начальную фазу колебаний.

Дано:

$$X = \cos \frac{\pi}{2}(40t + 1), \text{ см}$$

A, T - ?

v, φ_0 - ?

Решение

Запишем уравнение гармонического колебательного движения в общем виде

$$X = A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$$

и сравним его с заданным

$$X = 1 \cdot \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{2}\right), \text{ см.}$$

Находим, что амплитуда $A = 1$ см, начальная фаза колебаний $\varphi_0 = \pi/2$,

циклическая частота $\omega = 20\pi \text{ с}^{-1}$, частота $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{20\pi}{2\pi} \frac{1}{\text{с}} = 10 \text{ Гц}$, период ко-

лебаний $T = 1/\nu = 0,1 \text{ с}$.

Типовые задачи

Задача 1. Амплитуда гармонических колебаний равна 50 мм, начальная фаза $\pi/4$. Написать уравнение этих колебаний.

Найти смещение колеблющейся точки от положения равновесия при $t = 0$ и при $t = 1,5$ с.

Начертить график этого движения.

Задача 2. Через сколько времени от начала движения точка, совершающая гармонические колебания, сместится от положения равновесия на половину амплитуды? Период колебаний равен 24 с, начальная фаза равна нулю.

Задача 3. Материальная точка массой 5 г совершает гармонические колебания с частотой 0,5 Гц и амплитудой 3 см.

Определить:

- 1) скорость точки в момент времени, когда смещение равно 1,5 см;
- 2) максимальную силу, действующую на точку;
- 3) полную энергию колеблющейся точки.

Задача 4. Определить период затухающих колебаний, если период собственных колебаний системы равен 1с и логарифмический декремент колебаний 0,628.

Задача 5. От источника колебаний распространяется волна вдоль прямой линии. Амплитуда колебаний равна 10см.

Как велико смещение точки, удаленной от источника на $\frac{3}{4}$ длины волны в момент времени, когда от начала колебаний прошло время равное 0,9 периоду колебаний.

Контрольные вопросы

1. Запишите уравнение и дайте определение гармонических колебаний.
2. Дайте определение амплитуды, фазы, периода, частоты, циклической частоты колебаний.
3. Выведите и прокомментируйте формулы для кинетической, потенциальной и полной энергии при гармонических колебаниях.
4. Что называется гармоническим осциллятором, пружинным, физическим и математическим маятником?
5. Выведите формулы для периодов колебаний пружинного, физического и математического маятника?
6. Как объяснить распространение колебаний в упругой среде? Что такое волна?
7. Что называется длиной волны?
8. Что называется поперечной волной? Продольной? Когда они возникают?

Практическое занятие № 9

Раздел 5. «Оптика». Тема: «Элементы волновой оптики»

Цель: Закрепить теоретический материал по теме. Получить практические навыки по определению характера распространения света на основе законов оптики, а также по расчету основных фотометрических величин. Получить практические навыки по определению характеристик волновой природы света.

Отводимое время на занятие – 2ч.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть теоретические вопросы по конспектам и рекомендуемым источникам
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить типовые задачи
4. Ответить на контрольные вопросы

Рассматриваемые теоретические вопросы

1. Понятие о световой волне.
2. Основные законы геометрической оптики. Принцип Ферма.
3. Изображение предметов с помощью линз.
4. Основные фотометрические величины и единицы.
5. Определение характера распространения света на основе законов оптики. Расчет основных фотометрических величин.
6. Условия когерентности и монохроматичности световых волн.
7. Явление интерференции световых волн.
8. Принцип Гюйгенса – Френеля. Дифракция световых волн. Дифракционная решетка.
9. Понятие о дисперсии света.
10. Поляризованный свет. Закон Малюса.
11. Определение характеристик волновой природы света.

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1.

На тонкую глицериновую пленку ($n = 1,47$) толщиной 1 мкм нормально падает белый свет. Определить длину волны белого света, которая будет ослабляться в результате интерференции в спектре пятого порядка.

Решение

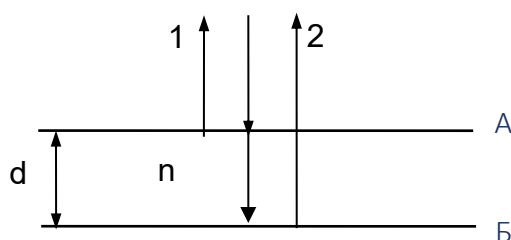
Дано:

$$\lambda_1 = 370 \text{ нм} = 370 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 780 \text{ нм} = 780 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$n = 1,47$$

$$d = 1 \text{ мкм} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$



$$\lambda_i - ?$$

Интерферировать будут лучи 1 и 2, когда луч 1 отражается от верхней грани А глицериновой пленки, а луч 2 проходит через всю пленку, отражается от ее внутренней поверхности Б и выходит из нее в воздух. Так как пленка является более оптически плотной средой, чем воздух, то разность хода лучей 1 и 2 для их максимального ослабления в результате интерференции будет равна:

$$\Delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2},$$

Поскольку:

$$\Delta = 2dn + \frac{\lambda}{2},$$

и тогда:

$$2dn + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2},$$

где k – любое целое число.

Отсюда следует, что $\lambda = \frac{2dn}{k}$,

Подставим числовые значения:

$$\lambda = \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 1,47}{5} = 0,588 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

ПРИМЕР 2. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет. Период решетки 2 мкм. Определить наибольший порядок дифракционного максимума, который дает эта решетка в случае красного (700 нм) и в случае фиолетового (410 нм) света.

Решение

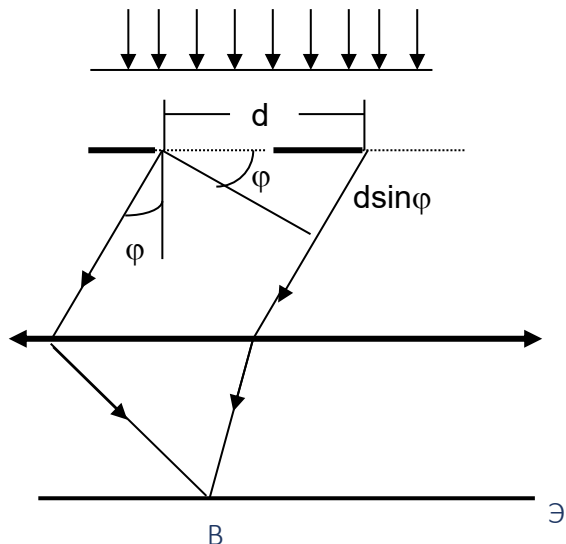
Дано:

$$d = 2 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$\lambda_{\kappa} = 700 \text{ нм} = 700 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\lambda_{\phi} = 410 \text{ нм} = 410 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$k_{\kappa}, k_{\phi} - ?$



Формула для максимумов дифракционной решетки:

$$d \sin \varphi = k \lambda,$$

где d – период решетки;

φ – угол дифракции;

λ – длина волны монохроматического света, нормально падающего на решетку;

k – порядок максимума.

Отсюда следует:

$$k = \frac{d \sin \varphi}{\lambda}. \quad (1)$$

Так как синус не может превышать единицу, то из (1) следует, что

$$k \leq \frac{d}{\lambda}. \quad (2)$$

Подставляя в (2) численные значения, получим:

$$k_{\kappa} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{7 \cdot 10^{-7}} = \frac{2}{0,7} = 2,86;$$

$$k_{\phi} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{4,1 \cdot 10^{-7}} = \frac{2}{0,41} = 4,88.$$

Учитывая, что порядок максимумов k может быть только целым числом, окончательно получим:

$$k_{\kappa} = 2; \quad k_{\phi} = 4.$$

Типовые задачи

Задача 1. На стеклянную призму с преломляющим углом 50° падает под углом 30° луч света. Определить угол отклонения луча призмой, если показатель преломления стекла равен 1,56.

Задача 2. Показатели преломления некоторого сорта стекла для красного и фиолетового лучей равны соответственно 1,51 и 1,53. Найти предельные углы полного внутреннего отражения при падении этих лучей на границу стекло – воздух.

Задача 3. Люминесцентная цилиндрическая лампа диаметром 2,5 см и длиной 40 см создает на расстоянии 5 м в направлении, перпендикулярном оси лампы, освещенность 2 лк. Принимая лампу за точечный излучатель, определить: а) силу света в данном направлении; б) яркость; в) светимость лампы.

Задача 4. На тонкую глицериновую пленку с показателем преломления 1,47 толщиной 1 мкм нормально падает белый свет. Определить длины волн белого света, которые будут ослабляться в результате интерференции (от 360 нм до 780 нм).

Задача 5. Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. В дифракционной картине максимум второго порядка отклонен на угол 14° . На какой угол будет отклонен максимум третьего порядка?

Задача 6. Пучок естественного света падает на полированную поверхность стеклянной пластины, погруженной в жидкость. Отраженный от пластины пучок света составляет угол 97° с падающим пучком. Определить показатель преломления жидкости, если отраженный свет полностью поляризован.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается физический смысл абсолютного показателя преломления среды? Что такое относительный показатель преломления?
2. При каком условии наблюдается полное отражение?
3. Как осуществляется построение изображения предметов в линзах?
4. Чем отличаются энергетические и световые величины в фотометрии?

5. Какую величину называют временем когерентности? длиной когерентности? Какова связь между ними? Для чего вводятся понятия временной и пространственной когерентности?
6. Что такое оптические длина пути и разность хода?
7. Почему интерференцию можно наблюдать от двух лазеров и нельзя от двух электроламп?
8. Когда наблюдается дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера?
9. Как изменится дифракционная картина при удалении экрана от дифракционной решетки?
10. По каким признакам можно определить спектры, полученные с помощью призмы и дифракционной решетки?
11. Как практически можно отличить плоско поляризованный свет от естественного?
12. Покажите, что при выполнении закона Брюстера отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны.

Список рекомендуемых источников

Основная и дополнительная литература

1. Дмитриева, В.Ф. Физика для профессий и специальностей технологического профиля: Сборник задач: учеб.пособие для студ. учрежд. сред. спец. образ./ В.Ф Дмитриева- 7-е изд., стер. – М.: Академия, 2017.-256с.
2. Кабардин О.Ф. Физика: Справочник для старшеклассников и поступающих в вузы / О.Ф. Кабардин. – М.: АСТ-ПРЕСС ШКОЛА, 2009, – 528 с.
3. Кузнецов, С. И. Справочник по физике: учебное пособие для СПО / С. И. Кузнецов, К. И. Рогозин; под ред. В. В. Ларионов. — Электрон. текстовые данные. – Саратов: Профобразование, 2017. – 219 с.
<http://www.iprbookshop.ru/66399.html>).
4. Самойленко, П. И. Естествознание. Физика: учебник для студ. учрежд. сред. спец. образ. / П.И. Самойленко. -2-е изд., стер. -М.: Академия, 2017.-336с.
5. Складорова, Е. А. Справочник по физике с примерами решения задач : учебное пособие / Е. А. Складорова, Н. Д. Толмачева, С. И. Кузнецов. — Томск : ТПУ, 2017 — Часть 1 — 2017. — 221 с. — ISBN 978-5-4387-0742-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112027>.
6. Физика. 10 класс. Базовый и углублённый уровни. Электронная форма учебника. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Сотский Н. Н. / Под ред. Парфентьевой Н. А.М.:Просвещение, 2020 г.
7. Физика. 11 класс. Базовый и углублённый уровни. Электронная форма учебника Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Чаругин В. М. / Под ред. Парфентьевой Н. А. М.:Просвещение, 2020 г.
8. Физика. Механические колебания. Сборник задач с решениями: задачник для СПО / сост. Б. К. Лаптенков. — Саратов: Профобразование, 2019. – 164 с.
9. Чакак, А. А. Молекулярная физика: учебное пособие для СПО / А. А. Чакак; под редакцией М. Г. Кучеренко. — Саратов: Профобразование, 2020. — 377 с. — ISBN 978-5-4488-0670-4. — Текст: электронный // Электронно-

библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91895.html> .

10. Чакак, А. А. Физика: учебное пособие для СПО / А. А. Чакак, С. Н. Летута. — Саратов: Профобразование, 2020. — 541 с. — ISBN 978-5-4488-0667-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92191.html> .

11. Складорова, Е. А. Справочник по физике с примерами решения задач : учебное пособие / Е. А. Складорова, Н. Д. Толмачева, С. И. Кузнецов. — Томск : ТПУ, 2017 — Часть 1 — 2017. — 221 с. — ISBN 978-5-4387-0742-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112027>. — Режим доступа: для авториз. пользователей

Интернет-ресурсы

1. www.fcior.edu.ru (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов).
2. www.dic.academic.ru (Академик. Словари и энциклопедии).
3. www.booksgid.com (Books Gid. Электронная библиотека).
4. www.globalteka.ru (Глобалтека. Глобальная библиотека научных ресурсов).
5. www.window.edu.ru (Единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. www.school.edu.ru (Российский образовательный портал. Доступность, качество, эффективность).
7. www.ru/book (Электронная библиотечная система).
8. www.alleng.ru/edu/phys.htm (Образовательные ресурсы Интернета — Физика).
9. www.n-t.ru/nl/fz (Нобелевские лауреаты по физике).
10. www.nuclphys.sinp.msu.ru (Ядерная физика в Интернете).
11. www.kvant.mccme.ru (научно-популярный физико-математический журнал «Квант»).
12. www.yos.ru/natural-sciences/html (естественно-научный журнал для молодежи «Путь в науку»).

Содержание

Введение	3
Практическое занятие № 1	
Раздел 1. Механика Тема «Кинематика»	5
Практическое занятие № 2	
Раздел 1 Механика. Тема «Динамика»	12
Практическое занятие № 3	
Раздел 1 Механика. Тема: «Законы сохранения в механике»	17
Практическое занятие № 4	
Раздел 2. «Молекулярная физика и термодинамика». Тема: «Основы молекулярной физики»	22
Практическое занятие № 5	
Раздел 2. «Молекулярная физика и термодинамика». Тема: «Физические основы термодинамики»	27
Практическое занятие № 6	
Раздел 3. «Электричество и магнетизм». Тема: «Постоянный электрический ток»	32
Практическое занятие № 7	
Раздел 3. «Электричество и магнетизм». Тема: «Электромагнетизм»	37
Практическое занятие № 8	
Раздел 4. «Колебания и волны». Тема: «Волновые процессы»	44
Практическое занятие № 9	
Раздел 5. «Оптика». Тема: «Элементы волновой оптики»	51
 Список рекомендуемых источников	 56
Содержание	58