МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для практических занятий

по учебному предмету «ОУП.06 Физика»

строительно-политехнического колледжа

Методические указания обсуждены на заседании методического совета СПК
20.01.2023 года Протокол №5
Председатель методического совета СПК _____ Сергеева С. И.

Методические указания одобрены на заседании педагогического совета СПК
27.01.2023 года Протокол №5
Председатель педагогического совета СПК _____ Дегтев Д. Н.

2023

УДК 530.1(07)
ББК 22.3я7

Составители: преп. В. Н. Дерепко,
ст. преп. Е. В. Алексеева

Физика: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов СПО всех направлений / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: В. Н. Дерепко, Е. В. Алексеева. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 35 с.

Методические указания содержат основные сведения, необходимые для правильного выполнения лабораторных работ по курсу общей физики, а также требования к оформлению отчета о лабораторной работе.

Предназначены для студентов СПО всех направлений.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_Физика_лаб.pdf.

Табл. 4. Библиогр.: 6 назв.

УДК 530.1(07)
ББК 22.3я7

Рецензент – И. В. Бабкина, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики твердого тела ВГТУ

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1 4
Лабораторная работа № 2 6
Лабораторная работа № 3. 10
Лабораторная работа № 4 14
Лабораторная работа № 5 16
Лабораторная работа № 6 16
Лабораторная работа № 7 27
Лабораторная работа № 8 31
Библиографический список 34

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ТЕЛА ПРИ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

1. Цель работы

- Изучение равноускоренного движения тела по наклонной плоскости.
- Определение ускорения шарика, движущегося по наклонному желобу.

2. Оборудование

- желоб;
- шарик;
- штатив с муфтами и лапкой;
- металлический цилиндр;
- линейка;
- секундомер.

3. Ход работы

Порядок выполнения работы:

1. Собрать установку.
2. Пустить шарик с верхнего конца желоба, определить время движения шарика до столкновения с цилиндром, находящимся на другом конце желоба.
3. Измерить длину перемещения S_1 шарика.
4. Подставив значения t_1 и S_1, определите ускорение a_1, подставив в уравнение $a = \frac{2S}{t^2}$.
5. Не меняя угол наклона желоба повторить опыт еще 4 раза, определить для каждого опыта значение a_n.
6. Определить среднее значение ускорения: $a_{ср} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5}$.
7. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.
8. Оформить работу, сделать вывод, ответить на контрольные вопросы, решить задачу.

4. Таблица результатов

№ опыта	Длина пути S_n, м	Время движения t_n, с	Ускорение a, $\frac{м}{с^2}$	Среднее значение ускорения a, $\frac{м}{с^2}$
1				
2				
3				
4				
5				

5. Расчеты

В данном разделе необходимо записать расчеты для каждого опыта.
Найдем ускорение тела в каждом из опытов:

$$a_n = \frac{2S_n}{{t_n}^2},$$

где n – порядковый номер опыта.
Среднее ускорение рассчитаем по формуле:

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + \ldots + a_5}{5}.$$

Расчет погрешности.
Точность измерений.
Измерительная лента:

$$\Delta S = \pm 0{,}005 \text{ м}.$$

Секундомер:

$$\Delta t = \pm 0{,}5 \text{ с}.$$

Вычислим абсолютную погрешность пути:

$$\Delta S_n = |S_n - S_{cp}|,$$

$$\Delta S = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2 + \cdots + \Delta S_5}{5}.$$

Вычислим абсолютную погрешность времени движения:

$$\Delta t_n = |t_n - t_{cp}|$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \cdots + \Delta t_5}{5}.$$

Вычислим относительную погрешность ускорения:

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta a}{a_{cp}} = \frac{\Delta S}{S_{cp}} + 2\frac{\Delta t}{t_{cp}}.$$

Абсолютная погрешность косвенного измерения ускорения:

$$\Delta_a = \varepsilon_a \cdot a_{cp}.$$

Найденное в результате работы ускорение можно записать так:

$$a = (a_{cp} \pm \Delta_a)\,\frac{м}{с^2}.$$

6. Контрольные вопросы

1. Что такое мгновенная скорость? Средняя скорость? Как определяются?
2. Написать уравнение равноускоренного движения и свободного падения тел.
3. Решить задачу: тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 30 м/с. Через сколько секунд оно будет на высоте 25 метров? (Смысл ответа пояснить).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ УПРУГОСТИ И ТЯЖЕСТИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Убедиться в том, что при движении тела по окружности под действием нескольких сил их равнодействующая равна произведению массы тела на ускорение: $\vec{F} = m\vec{a}$.

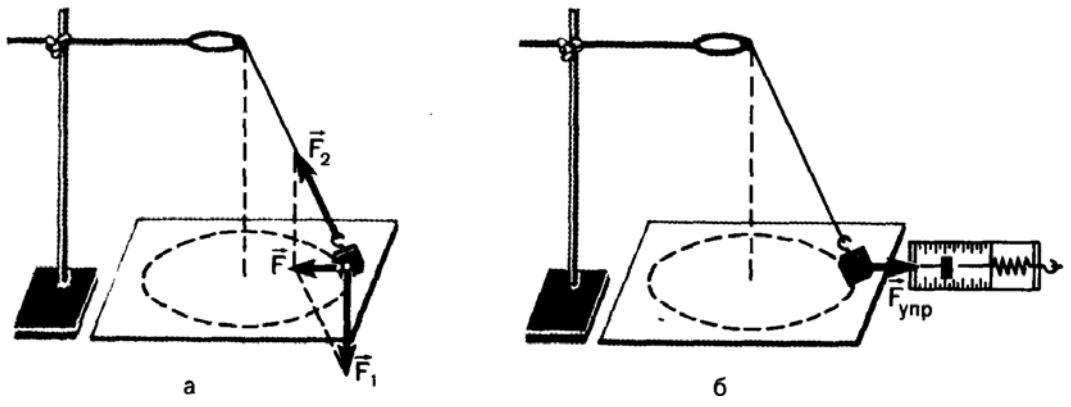
2. Оборудование

Средства измерения:
- линейка с миллиметровыми делениями;
- часы с секундной стрелкой;
- динамометр.

Материалы:
- штатив с муфтой и кольцом;
- прочная нить;
- лист бумаги с начерченной окружностью радиусом 15 см;
- груз из набора по механике.

3. Основные теоретические сведения

Для проверки второго закона Ньютона будем использовать конический маятник (рисунок, а).



На прикрепленное к нити тело (им в работе является груз из набора по механике) действуют сила тяжести $\overrightarrow{F_1}$ и сила упругости $\overrightarrow{F_2}$. Их равнодействующая равна:

$$\vec{F} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2}.$$

Сила $\vec{F}$ и сообщает грузу центростремительное ускорение:

$$a = \frac{4\pi^2 r}{T^2},$$

(r — радиус окружности, по которой движется груз, T — период его обращения).

Для нахождения периода удобно измерить время t определенного числа N оборотов. Тогда $T = \frac{t}{N}$ и $a = \frac{4\pi^2 N^2}{t^2} r$.

Модуль равнодействующей $\vec{F}$ сил $\overrightarrow{F_1}$ и $\overrightarrow{F_2}$ можно измерить, скомпенсировав ее силой упругости $\overrightarrow{F_{упр}}$ пружины динамометра так, как это показано на рисунке 1, б.

Согласно второму закону Ньютона,

$$\frac{F}{ma} = 1.$$

При подстановке в это равенство полученных в опыте значений $F_{упр}$, m и a может оказаться, что левая часть этого равенства отличается от единицы. Это и позволяет оценить погрешность эксперимента.

4. Ход работы

Порядок выполнения работы:

1. Нить длиной около 45 см привяжите к грузу и подвесьте к кольцу штатива.

2. Одному из учащихся взяться двумя пальцами за нить у точки подвеса и привести во вращение маятник.

3. Второму учащемуся измерить лентой радиус r окружности, по которой движется груз. (Окружность можно начертить заранее на бумаге и по этой окружности привести в движение маятник.)

4. Определите период T обращения маятника при помощи часов с секундной стрелкой.

Для этого учащийся, вращающий маятник, в такт с его оборотами произносит вслух: нуль, нуль и т. д. Второй учащийся с часами в руках, уловив по секундной стрелке удобный момент для начала отсчета, произносит: «нуль», после чего первый вслух считает число оборотов. Отсчитав 30—40 оборотов, фиксирует промежуток времени t. Опыт повторяют пять раз.

5. Рассчитайте среднее значение ускорения по формуле (1), учитывая, что с относительной погрешностью не более 0,015 можно считать $\pi^2 = 10$.

6. Измерьте модуль равнодействующей F, уравновесив ее силой упругости пружины динамометра (см. рисунок, б).

7. Результаты измерений занесите в таблицу.

8. Сравните отношение

$$\frac{F_{упр}}{ma}$$

с единицей и сделайте вывод о погрешности экспериментальной проверки того, что центростремительное ускорение сообщает телу векторная сумма действующих на него сил.

Ответьте на контрольные вопросы и решите задачу.

5. Таблица результатов

Номер опыта	t, с	$t_{ср}$, с	N	m, кг	r, м	a, м/с^2	$F_{упр}$, Н

6. Расчеты

Рассчитаем среднее время, за которое груз совершает N колебаний:

$$t_{ср} = \frac{t_1 + t_2 + \cdots + t_5}{5}.$$

Рассчитаем период обращения маятника:

$$T = \frac{t_{ср}}{N}.$$

Рассчитаем среднее значение ускорения:

$$a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}.$$

Найдем силу, сообщающую маятнику ускорение по 2 закону Ньютона:

$$F = ma.$$

Погрешность измерений.
Точность измерений.

Линейка:
$\Delta r = \pm 0{,}0005$м

Секундомер:
$\Delta t = \pm 0{,}5$ с

Динамометр:
$\Delta F = \pm 0{,}05$Н

Подсчитаем погрешность определения периода (если считать, что число N определено точно):

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta t}{t_{ср}}.$$

Погрешность определения ускорения подсчитаем как:

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta a}{a_{ср}} = \frac{\Delta r}{r} + \frac{2\Delta T}{T}.$$

Погрешность определения массы:
$\varepsilon_m = \frac{\Delta m}{m}$, где $\Delta m = 0{,}002$ кг
Погрешность определения ma:

$$\varepsilon_{ma} = \varepsilon_m + \varepsilon_a.$$

Абсолютная погрешность измерения силы:

$$\Delta_{ma} = \varepsilon_{ma} \cdot ma,$$

$$ma = (ma \pm \Delta_{ma}) \frac{м}{с^2}.$$

С другой стороны, силу F мы измерили с погрешностью:

$$\varepsilon_F = \frac{\Delta F}{F},$$

$$F = (F \pm \Delta_F)\ Н.$$

7. Контрольные вопросы

1. Почему при выполнении работы определяли время, за которое совершается небольшое число оборотов?
2. Определите линейную скорость тела по результатам опытов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ НИТЯНОГО МАЯТНИКА ОТ ДЛИНЫ НИТИ

1. Цель работы

- Проверить экспериментально формулу, связывающую период колебаний маятника с длиной его подвеса.

2. Оборудование

- штатив с перекладиной и муфтой;
- нить с петлями на концах;
- груз с крючком;
- линейка;
- электронный секундомер.

3. Основные теоретические сведения

Рассмотрим колебания нитяного маятника, т.е. небольшого тела (например, шарика), подвешенного на нити, длина которой значительно превышает размеры самого тела. Если шарик отклонить от положения равновесия и отпустить, то он начнет колебаться. Сначала маятник движется с нарастающей скоростью вниз. В положении равновесия скорость шарика не равна нулю, и он по инерции движется вверх. По достижении наивысшего положения шарик снова начинает двигаться вниз. Это будут свободные колебания маятника.

Свободные колебания – это колебания, которые возникают в системе под действием внутренних сил, после того, как система была выведена из положения устойчивого равновесия.

Колебательное движение характеризуют амплитудой, периодом и частотой колебаний.

Амплитуда колебаний - это наибольшее смещение колеблющегося тела от положения равновесия. Обозначается **А**. Единица измерения - метр [1м].

Период колебаний - это время, за которое тело совершает одно полное колебание. Обозначается **Т**. Единица измерения - секунда [1с].

Частота колебаний - это число колебаний, совершаемых за единицу времени. Обозначается ν. Единица измерения - герц [1Гц].

Тело, подвешенное на невесомой нерастяжимой нити называют **математическим маятником**.

Период колебаний математического маятника определяется формулой:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \ (1),$$

где l – длина подвеса, а g – ускорение свободного падения.

Период колебаний математического маятника зависит:

1) от длины нити. Период колебаний математического маятника пропорционален корню квадратному из длины нити $T \sim \sqrt{l}$.

2) от ускорения свободного падения той местности, где происходят колебания. Период колебаний математического маятника обратнопропорционален корню квадратному из ускорения свободного падения $T \sim \sqrt{\frac{1}{g}}$.

Тело, подвешенное на пружине называют **пружинным маятником**.

Период колебаний пружинного маятника определяется формулой:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

где m - масса тела, k - жесткость пружины.

Период колебаний пружинного маятника зависит:

1) от массы тела. Период колебаний пружинного маятника пропорционален корню квадратному из массы тела $T \sim \sqrt{m}$.

2) от жесткости пружины. Период колебаний пружинного маятника обратнопропорционален корню квадратному из жесткости пружины $T \sim \frac{1}{\sqrt{k}}$

В работе мы исследуем колебания математического маятника. Из формулы $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ следует, что период колебаний изменится вдвое при изменении длины подвеса в четыре раза.

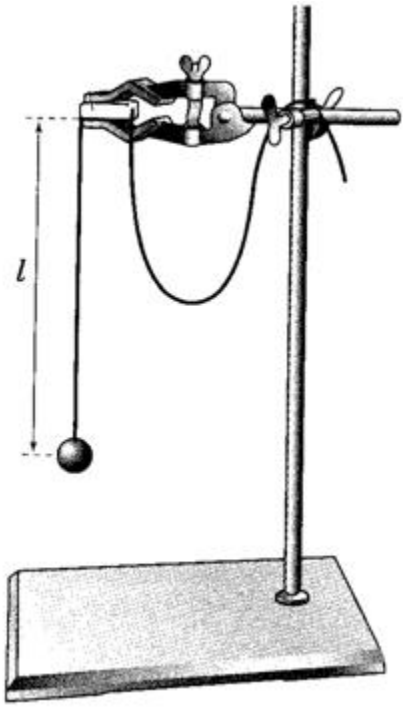
Это следствие и проверяют в работе. Поочередно испытывают два маятника, длины подвесов которых отличаются в четыре раза. Каждый из маятников приводят в движение и измеряют время, за которое он совершит определённое количество колебаний. Чтобы уменьшить влияние побочных факторов, опыт с каждым маятником проводят несколько раз и находят среднее значение времени, затраченное маятником на совершение заданного числа колебаний. Затем вычисляют периоды маятников и находят их отношение.

4. Ход работы

1. Закрепите перекладину в муфте у верхнего края стержня штатива. Штатив разместите на столе так, чтобы конец перекладины выступал за край поверхности стола. Подвесьте к перекладине с помощью нити один груз из набора. Расстояние от точки повеса до центра груза должно быть 25-30 см.

3. Подготовьте электронный секундомер к работе в ручном режиме.

4. Отклоните груз на 5-6 см от положения равновесия и замерьте время, за которое груз совершит 30 полных колебаний (при отклонении груза следите, чтобы угол отклонения не был велик).



5. Повторите измерение 3-4 раза и определите среднее время по формуле $t_{ср1} = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4}{4}$

6. Вычислите период колебания груза с длиной подвеса 25-30 см по формуле $T_{ср1} = \frac{t_{ср1}}{N}$. Оцените погрешность определения периода.

7. Увеличьте длину подвеса в четыре раза.

8. Повторите серию опытов с маятником новой длины и вычислите его период колебаний по формуле $T_{ср2} = \frac{t_{ср2}}{N}$. Оцените погрешность определения периода.

9. Вычислите частоты колебаний для обеих маятников по формулам $\nu_1 = \frac{N}{t_{ср1}}$ и $\nu_2 = \frac{N}{t_{ср2}}$. Оцените погрешность определения частоты колебаний.

10. Сравните периоды колебаний двух маятников, длины которых отличались в четыре раза, и сделайте вывод относительно справедливости формулы (1). Укажите возможные причины расхождения результатов.

11. Ответьте на контрольные вопросы.

5. Таблица результатов

l, м	**№ опыта**	**N**	**t, с**	**$t_{ср}$, с**	**T, с**	**ν, Гц**
l_1 =	1	30				
	2	30				
	3	30				
	4	30				

l_2 =	1	30				
	2	30				
	3	30				
	4	30				

6. Расчеты

Точность измерений.

Секундомер:

Δt = ±0,5с

Вычислим относительную погрешность периода колебаний маятника (будем считать, что ускорение свободного падения измерено точно):

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta t}{t}.$$

Тогда абсолютная погрешность периода колебаний равна:

$$\Delta T = \varepsilon_T \cdot T,$$

$$T = (T + \Delta T)\ c.$$

Вычислим относительную погрешность частоты колебаний маятника (будем считать, что ускорение свободного падения измерено точно):

$$\varepsilon_\nu = \frac{\Delta \nu}{\nu} = \frac{\Delta t}{t}.$$

Тогда абсолютная погрешность периода колебаний равна:

$$\Delta_\nu = \varepsilon_\nu \cdot \nu,$$

$$\nu = (\nu + \Delta_\nu)\ Гц.$$

7. Контрольные вопросы

1. Что называют периодом колебаний маятника?
2. Что называют частотой колебаний маятника? Какова единица частоты колебаний?
3. От каких величин и как зависит период колебаний математического маятника?
4. От каких величин и как зависит период колебаний пружинного маятника?
5. Какие колебания называют собственными?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНА ГЕЙ ЛЮССАКА

1. Цель работы

Экспериментальным путем проверить верность закона Гей-Люссака.

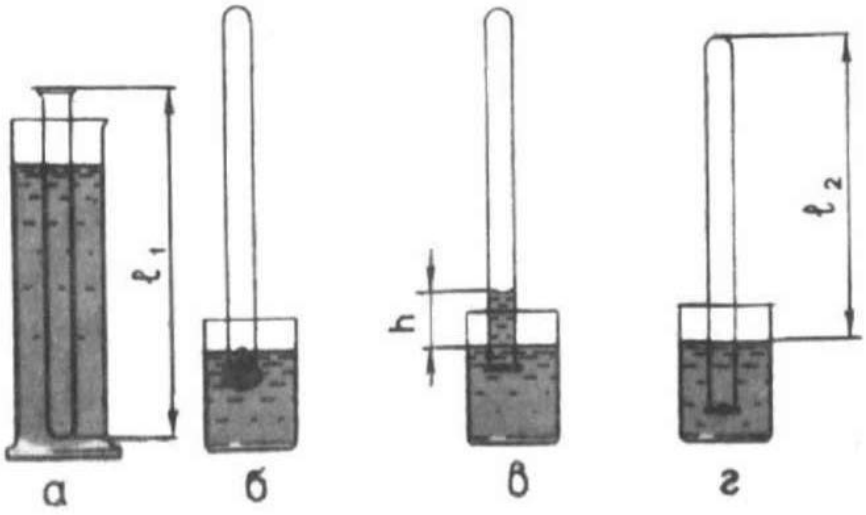
2. Оборудование

- стеклянная трубка, запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8-10 мм;
- цилиндрический сосуд высотой 600 мм и диаметром 40—50 мм, наполненный горячей водой (t ~ 60 °C);
- стакан с водой комнатной температуры;
- пластилин.

3. Ход работы

Чтобы проверить закон Гей-Люссака, достаточно измерить объем и температуру газа в двух состояниях при постоянном давлении и проверить справедливость равенства $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$. Это можно осуществить, используя воздух при атмосферном давлении.

Стеклянная трубка открытым концом вверх помещается на 3—5 мин в цилиндрический сосуд с горячей водой (рис.а). В этом случае объем воздуха V_1 равен объему стеклянной трубки, а температура — температуре горячей ды T_1. Это — первое состояние. Чтобы при переходе воздуха в следующее состояние его количество не изменилось, открытый конец стеклянной трубки, находящейся в горячей воде, замазывают пластилином. После этого трубку вынимают из сосуда с горячей водой замазанный конец быстро опускают в стакан с комнатной температуры (рис. б), а затем прямо под водой снимают пластилин. По мере охлаждения воздуха в трубке вода в ней будет подниматься. После прекращения подъема воды в трубке (рис. в) объем в ней станет равным $V_2 < V_1$ а давление $p = p_{атм} = \rho g h$. Что бы давление воздуха в трубке вновь стало разным атмосферному, необходимо увеличивать глубину погружения трубки в стакан до тех пор, пока уровни воды в трубке и в стакане не выравняется (рис. г). Это будет второе состояние воздуха в трубке при температуре T_2 окружающего воздуха. Отношение объемов воздуха в трубке в первом и втором состояниях можно заменить отношением высот воздушных столбов в трубке в этих состояниях, если сечение трубки постоянно по всей длине ($\frac{V_1}{V_2} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{l_1}{l_2}$). Поэтому в работе следует сравнить отношения $\frac{l_1}{l_2}$ и $\frac{T_1}{T_2}$. Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура — термометром.



4. Порядок выполнения работы

1.Измерьте длину стеклянной трубки и температуру воды в цилиндрическом сосуде.

2.Приведите воздух в трубке во второе состояние так, как об этом рассказано выше. Измерьте длину 12 воздушного столба в трубке и температуру окружающего воздуха Т2.

3.Вычислите отношения $\frac{l_1}{l_2}$ и $\frac{T_1}{T_2}$., относительные (ε_l и ε_T) и абсолютные (Δ_l и Δ_T) погрешности измерений этих отношений.

4.Сравните отношения $\frac{l_1}{l_2}$ и $\frac{T_1}{T_2}$.

5.Сделайте вывод о справедливости закона Гей- Люссака.

5. Таблица результатов

Измерено					Вычислено			
l_1, мм	l_2, мм	t_1,°C	t_2,°C	$\Delta_u l$, мм	$\Delta_o l$, мм	$\Delta l, мм$	T_1, K	T_2, K
Вычислено								
$\Delta_u T$,	$\Delta_o T$,	ΔT, K	l_1/l_2	ε_l	Δ_l	T_1/T_2	ε_T	Δ_T

6. Расчеты

1. Максимальная абсолютная погрешность измерения длины трубки равна:

$\Delta l = \Delta_и l + \Delta_о l$, где

$\Delta_о l$ =0,5 мм

$\Delta_и l$= 1 мм

Относительная погрешность отношения $\frac{l_1}{l_2}$:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2}.$$

Абсолютная погрешность отношения $\frac{l_1}{l_2}$:

$$\Delta_l = \frac{l_1}{l_2} \cdot \varepsilon_1.$$

2. Используя п.1, рассчитать погрешность измерения температуры воздуха.

7. Контрольные вопросы

1. Почему после погружения стеклянной трубки в стакан с водой комнатной температуры и после снятия пластилина вода в трубке поднимается?

2. Почему при равенстве уровней воды в стакане и в трубке давление воздуха в трубке равно атмосферному?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ ПСИХРОМЕТРА

1. Цель

- освоить прием определения относительной влажности воздуха, основанный на использовании психрометра.

2. Оборудование

- психрометр;
- сосуд с водой;
- термометр.

3. Основные теоретические сведения

В атмосферном воздухе всегда присутствуют пары воды, которая испаряется с поверхности морей, рек, океанов и т.п.

Воздух, содержащий водяной пар, называют **влажным.**

Влажность воздуха оказывает огромное влияние на многие процессы на Земле: на развитие флоры и фауны, на урожай сельхоз. культур, на продуктивность животноводства и т.д. Влажность воздуха имеет большое значение для здоровья людей, т.к. от неё зависит теплообмен организма человека с окружающей средой. При низкой влажности происходит быстрое испарение с поверхности и высыхание слизистой оболочки носа, гортани, что приводит к ухудшению состояния.

Значит, влажность воздуха надо уметь измерять. Для количественной оценки влажности воздуха используют понятия абсолютной и относительной влажности.

Абсолютная влажность – величина, показывающая, какая масса паров воды находится в 1 м³ воздуха (т.е. это плотность водяного пара). Она равна парциальному давлению пара при данной температуре.

Парциальное давление пара – это давление, которое оказывал бы водяной пар, находящийся в воздухе, если бы все остальные газы отсутствовали.

Относительная влажность воздуха – это величина, показывающая, как далек пар от насыщения. Это отношение парциального давления p водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного пара p_0 при той же температуре, выраженное в процентах:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\,\%.$$

Если воздух не содержит паров воды, то его абсолютная и относительная влажность равны 0. Предельное значение относительной влажности – 100%. Нормальной для человеческого организма считается влажность 60%.

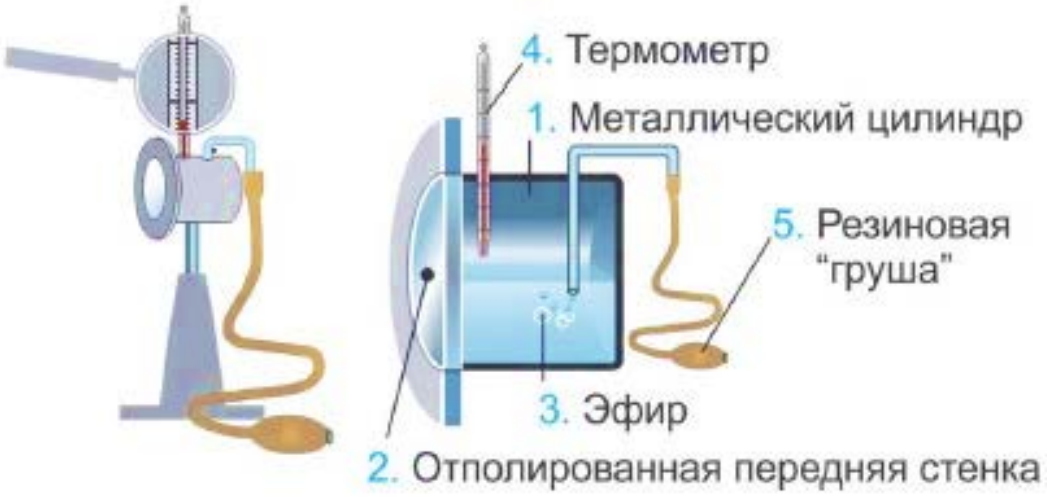
Для измерения влажности воздуха используют приборы **гигрометры** и **психрометры.**

1. Конденсационный гигрометр. Состоит из укрепленной на подставке металлической круглой коробочки (металлический цилиндр 1) с отполированной плоской поверхностью. В коробочке сверху имеются два отверстия. Через одно из них в коробочку наливают эфир и вставляют термометр, а другое соединяют с резиновой грушей. Действие конденсационного гигрометра основано на определении точки росы.

Точка росы – это температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным.

Продувают воздух через эфир (с помощью резиновой груши 5), при этом эфир быстро испаряется и охлаждает коробочку. Слой водяного пара, находящийся вблизи поверхности коробочки, благодаря теплообмену тоже станет охлаждаться. При определенной температуре этот водяной пар начнет конденси-

роваться и на отполированной поверхности коробочки появляются капельки воды (роса). По термометру 6 определяют эту температуру, это и будет точка росы. В таблице «Давление насыщенных паров и их плотность при различных температурах» по точке росы находят абсолютную влажность – соответствующую этой температуре плотность паров или их давление.



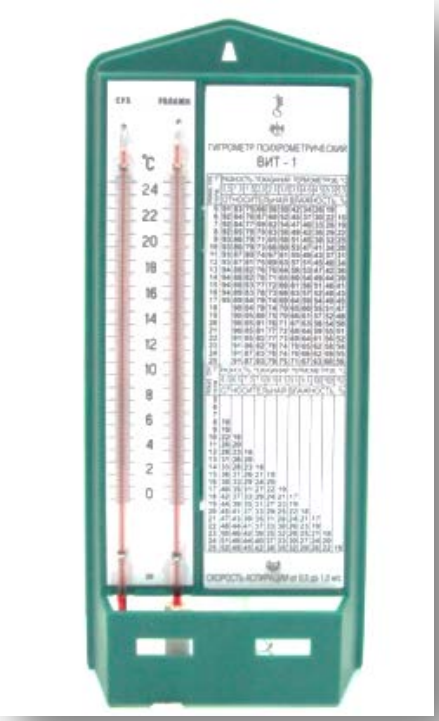
Давление насыщенных паров и их плотность при различных температурах

t, ^{0}C	p, Па	$\rho*10^{-3}$, кг/м^3	t, ^{0}C	p, Па	$\rho*10^{-3}$, кг/м^3	t, ^{0}C	p, Па	$\rho*10^{-3}$, кг/м^3
- 5	401	3,24	6	933	7,30	17	1933	14,5
- 4	437	3,51	7	1000	7,80	18	2066	15,4
- 3	476	3,81	8	1066	8,30	19	2199	16,3
- 2	517	4,13	9	1146	8,80	20	2333	17,3
- 1	563	4,47	10	1226	9,40	21	2493	18,8
0	613	4,80	11	1306	10,0	22	2639	19,4
1	653	5,20	12	1399	10,7	23	2813	20,6
2	706	5,60	13	1492	11,4	24	2986	21,8
3	760	6,00	14	1599	12,1	25	3173	23,0
4	813	6,40	15	1706	12,8	26	3359	24,4
5	880	6,80	16	1813	13,6	27	3559	25,8

Чтобы найти относительную влажность, нужно давление насыщенного пара при температуре точки росы разделить на давление насыщенного пара при температуре окружающего воздуха и умножить на 100%.

2. Волосной гигрометр. Его работа основана на том, что обезжиренный человеческий волос при увеличении влажности воздуха удлиняется, а при уменьшении влажности укорачивается. Волос оборачивают вокруг легкого блока, прикрепив один конец к раме, а к другому подвешивают груз. При изменении длины волоса указатель (стрелка), прикрепленный к блоку, будет двигаться, перемещаясь по шкале. Шкалу градуируют по эталонному прибору.

3. Психрометр (от греч «психриа» - холод). Состоит из двух одинаковых термометров. Резервуар одного из них обернут марлей, опущенной в сосуд с водой. Вода смачивает марлю на резервуаре термометра и при её испарении он охлаждается. По разности температур сухого и влажного термометров по психрометрической таблице определяют влажность воздуха.



4. Ход работы

1. По показаниям сухого термометра измерить температуру воздуха $t_{сухого}$ в помещении.
2. Записать показания термометра, резервуар которого обмотан марлей $t_{влажного}$.
3. Оценить погрешность измерений.
4. Вычислить разность показаний термометров $\Delta t = t_{сухого} - t_{влажного}$.
5. По психрометрической таблице определить влажность воздуха φ.

6. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

7. Сделайте вывод о том, нормальная ли влажность воздуха в помещении.

8. Ответьте на контрольные вопросы.

5. Таблица результатов

№ опыта	$t_{сухого}$, ^0C	$t_{влажного}$, ^0C	Δt, ^0C	φ, %
1				

6. Расчеты

Максимальная абсолютная погрешность измерения температуры равна:

$$\Delta t = \Delta_и t + \Delta_о t, \text{ где}$$

Относительная погрешность отношения t:

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta t}{t};$$

Абсолютная погрешность измерения t:

$$\Delta_t = t \cdot \varepsilon_t,$$

$$t = (t \pm \Delta_t)\ °C.$$

7. Контрольные вопросы

1. Почему при продувании воздуха через эфир, на полированной поверхности стенки камеры гигрометра появляется роса? В какой момент появляется роса?

2. Почему показания «влажного» термометра меньше показаний «сухого» термометра?

3. Могут ли в ходе опытов температуры «сухого» и «влажного» термометров оказаться одинаковыми?

4. При каком условии разности показаний термометров наибольшая?

5. Может ли температура «влажного» термометра оказаться выше температуры «сухого» термометра?

6. Сухой и влажный термометр психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?

7. Каким может быть предельное значение относительной влажности воздуха?

Психрометрическая таблица

$t_{сухого,}$ ^{0}C	Разность показаний сухого и влажного термометров											
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
5	100	86	72	58	45	32	19	6				
6	100	86	73	60	47	35	23	10				
7	100	87	74	61	49	37	26	14				
8	100	87	75	63	51	40	28	18				
9	100	88	76	64	53	42	31	21				
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4		
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8		
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11		
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9	
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15	8
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20	13
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27
26	100	92	85	78	71	64	58	51	45	40	34	29
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

1. Цель

- установить на опыте зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.

2. Оборудование

- амперметр лабораторный;
- вольтметр лабораторный;
- источник питания;
- набор из трёх резисторов сопротивлениями 1 Ом, 2 Ом, 4 Ом;
- реостат;
- ключ замыкания тока;
- соединительные провода.

3. Основные теоретические сведения

Электрический ток - упорядоченное движение заряженных частиц.

Количественной мерой электрического тока служит **сила тока I.**

Сила тока – скалярная физическая величина, равная отношению заряда q, переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени t, к этому интервалу времени:

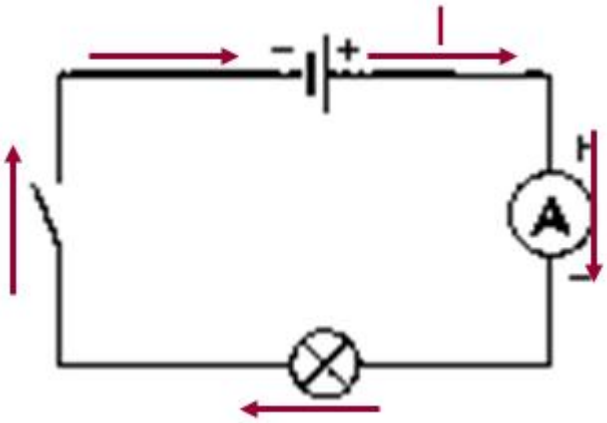
$$I = \frac{q}{t}.$$

В Международной системе единиц СИ сила тока измеряется в **амперах [А]**.

[1А=1Кл/1с]

Прибор для измерения силы тока **Амперметр.** Включается в цепь **последовательно.**

На схемах электрических цепей амперметр обозначается .



Напряжение – это физическая величина, характеризующая действие электрического поля на заряженные частицы, численно равно работе электрического поля по перемещению заряда из точки с потенциалом φ_1 в точку с потенциалом φ_2.

$$U = \frac{A}{q}$$

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2$$

U – напряжение;

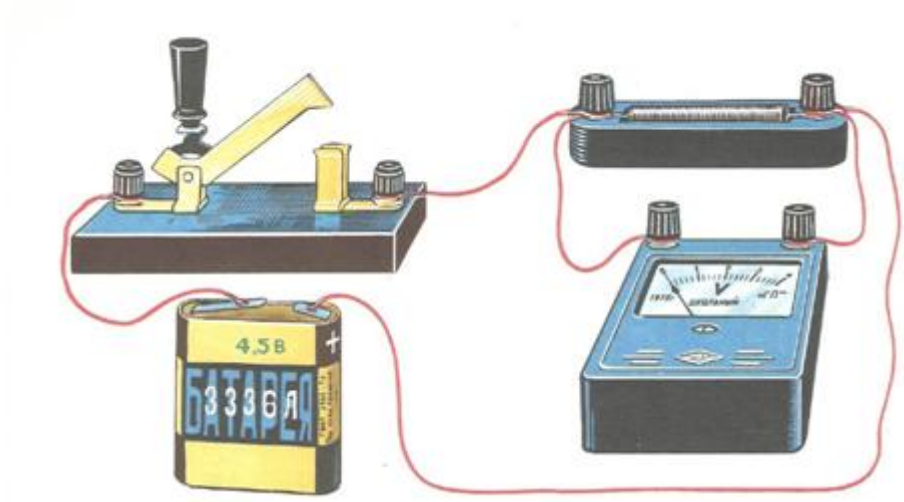
A – работа тока;

q – электрический заряд.

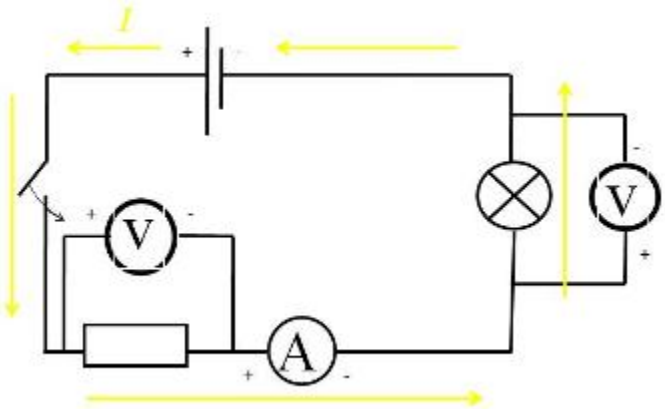
Единица напряжения – Вольт [В].

[1В=1Дж/1Кл]

Прибор для измерения напряжения – **Вольтметр.** Подключается в цепь параллельно тому участку цепи, на котором измеряется разность потенциалов.



На схемах электрических цепей амперметр обозначается .



Величина, характеризующая противодействие электрическому току в проводнике, которое обусловлено внутренним строением проводника и хаотическим движением его частиц, называется **электрическим сопротивлением проводника.**

Электрическое сопротивление проводника зависит от **размеров** и **формы проводника** и от **материала**, из которого изготовлен проводник.

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

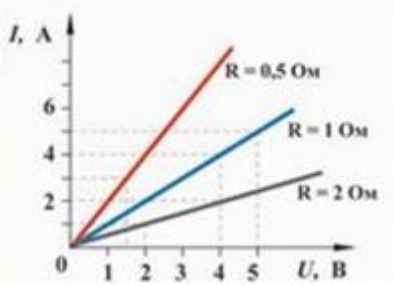
S – площадь поперечного сечения проводника

l – длина проводника

ρ – удельное сопротивление проводника

В СИ единицей электрического сопротивления проводников служит **ом** [Ом].

Графическая зависимость силы тока ***I*** от напряжения ***U*** - ***вольт-амперная характеристика.***



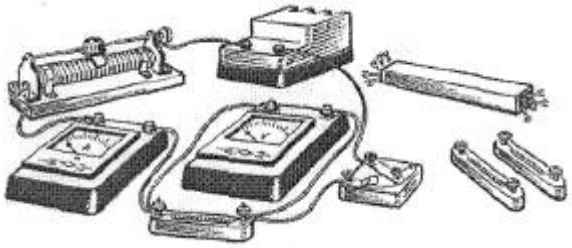
Закон Ома для однородного участка цепи: сила тока в проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

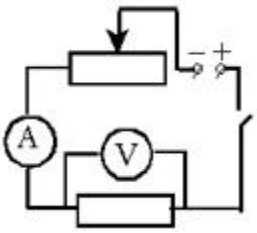
$$I = \frac{U}{R}$$

Назван в честь его первооткрывателя **Георга Ома**.

4. Ход работы

1. Для выполнения работы соберите электрическую цепь из источника тока, амперметра, реостата, проволочного резистора сопротивлением 2 Ом и ключа. Параллельно проволочному резистору присоедините вольтметр (см. схему).





2. **Опыт 1.** *Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи*. Включите ток. При помощи реостата доведите напряжение на зажимах проволочного резистора до 1 В, затем до 2 В и до 3 В. Каждый раз при этом измеряйте силу тока и результаты записывайте в табл. 1.

Таблица 1

Сопротивление участка 2 Ом

Напряжение, В			
Сила тока, А			

3. По данным опытов постройте график зависимости силы тока от напряжения. Сделайте вывод.

4. **Опыт 2**. *Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах*. Включите в цепь по той же схеме проволочный резистор сначала сопротивлением 1 Ом, затем 2 Ом и 4 Ом. При помощи реостата устанавливайте на концах участка каждый раз одно и то же напряжение, например, 2 В. Измеряйте при этом силу тока, результаты записывайте в табл. 2.

Таблица 2

Постоянное напряжение на участке 2 В

Сопротивление участка, Ом			
Сила тока, А			

5. Вывод

По данным опытов постройте график зависимости силы тока от сопротивления. Сделайте вывод.

6. Контрольные вопросы

1. Что такое электрический ток?
2. Дайте определение силы тока. Как обозначается? По какой формуле находится?
3. Какова единица измерения силы тока?
4. Каким прибором измеряется сила тока? Как он включается в электрическую цепь?
5. Дайте определение напряжения. Как обозначается? По какой формуле находится?
6. Какова единица измерения напряжения?
7. Каким прибором измеряется напряжение? Как он включается в электрическую цепь?
8. Дайте определение сопротивления. Как обозначается? По какой формуле находится?
9. Какова единица измерения сопротивления?
10. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.

Вариант выполнения измерений

Опыт 1. *Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи*. Включите ток. При помощи реостата доведите напряжение на зажимах проволочного резистора до 1 В, затем до 2 В и до 3 В. Каждый раз при этом измеряйте силу тока и результаты записывайте в табл. 1.

Таблица 1

Сопротивление участка 2 Ом

Напряжение, В	1	2	3
Сила тока, А	0,5	1,0	1,5

По данным опытов постройте график зависимости силы тока от напряжения. Сделайте вывод.

Опыт 2. *Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах*. Включите в цепь по той же схеме проволочный резистор сначала сопротивлением 1 Ом, затем 2 Ом и 4 Ом. При помощи реостата устанавливайте на концах участка каждый раз одно и то же напряжение, например, 2 В. Измеряйте при этом силу тока, результаты записывайте в табл. 2.

Таблица 2

Постоянное напряжение на участке 2 В

Сопротивление участка, Ом	1	2	4
Сила тока, А	2,0	1,0	0,5

По данным опытов постройте график зависимости силы тока от сопротивления. Сделайте вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

1. Цель

- изучить явление электромагнитной индукции.

2. Оборудование

- миллиамперметр;
- катушка-моток;
- магнит;
- источник питания;
- катушка с железным сердечником от разборного электромагнита;
- реостат;
- ключ;
- провода соединительные;
- модель генератора электрического тока.

Прежде чем приступить к выполнению работы, вспомним основные положения, касающиеся явления электромагнитной индукции.

Явление электромагнитной индукции заключается в том, что при всяком изменении магнитного потока, пронизывающего контур замкнутого проводника, в этом проводнике возникает электрический ток, существующий в течение всего процесса изменения магнитного потока.

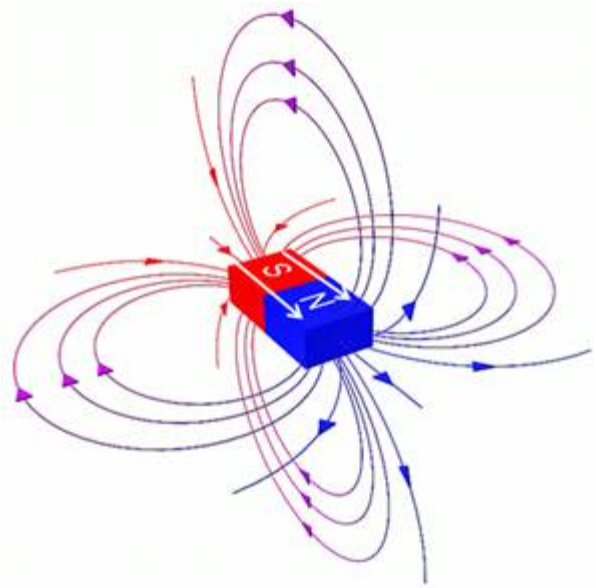
Полученный таким способом ток называется **индукционным током**.

Значение индукционного тока не зависит от причины изменения магнитного потока. Существенное значение имеет лишь скорость его изменения.

3. Ход работы

Порядок выполнения работы.

Для проведения первого опыта понадобится: катушка-моток, миллиамперметр и магнит.



1. Для начала необходимо подключить катушку к зажимам миллиамперметра.
2. Затем, наблюдая за показаниями миллиамперметра, необходимо подвести один из полюсов магнита к катушке, потом на несколько секунд остановить магнит, а затем вновь приблизить его к катушке, вдвигая в нее. Запишите в лабораторные тетради, возникал ли в катушке индукционный ток во время движения магнита относительно катушки; во время его остановки?

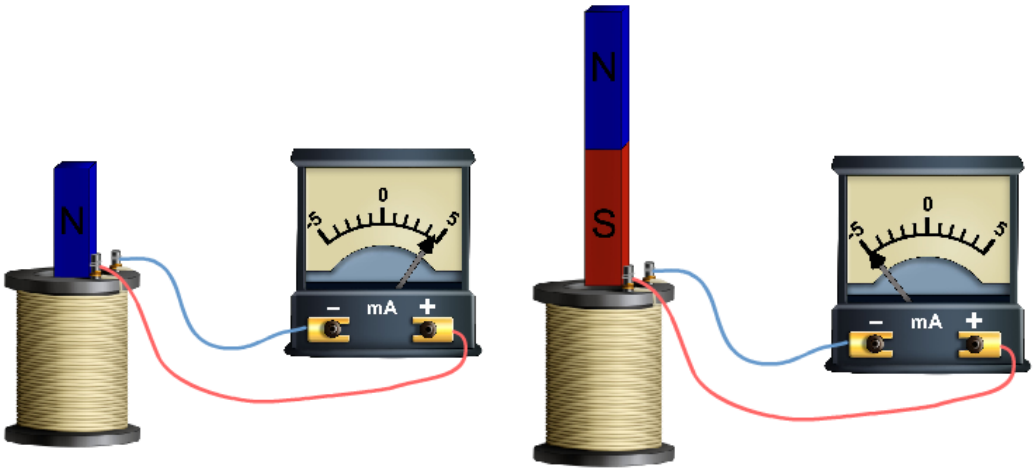
На основании ответов сформулируйте и запишите вывод о том, при каком условии в катушке возникал индукционный ток.

Подумайте, почему при приближении магнита к катушке магнитный поток, пронизывающий эту катушку, менялся?

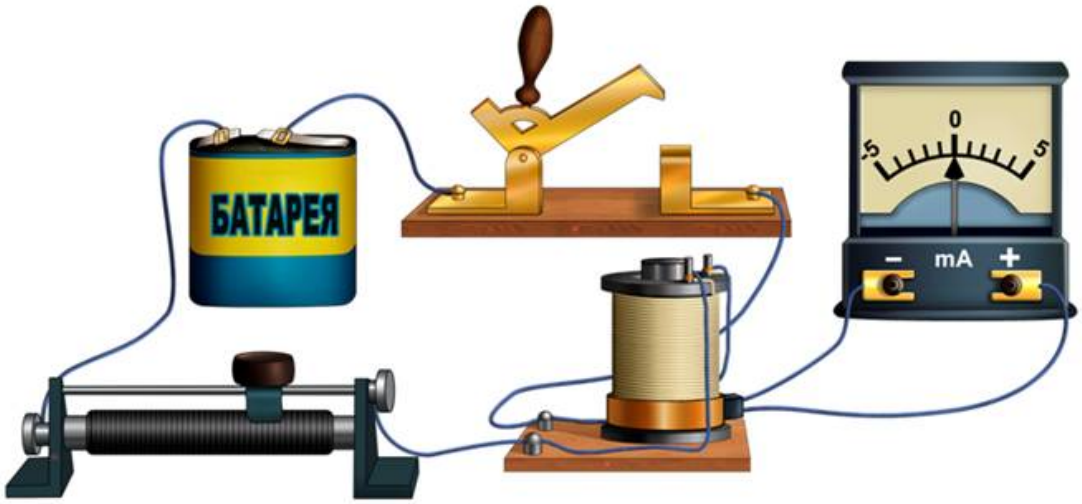
Для того, чтобы правильно ответить на этот вопрос посмотрите на вспомогательный рисунок и вспомните, от каких величин зависит магнитный поток и одинаков ли модуль вектора индукции магнитного поля постоянного магнита вблизи этого магнита и вдали от него.

3. Следующий этап исследования электромагнитной индукции связан с определением **направления индукционного тока**. О направлении индукционного тока можно судить по тому, в какую сторону отклоняется стрелка миллиамперметра. Воспользуемся магнитом и увидим, что при приближении магнита стрелка отклонится в одну сторону. Если теперь магнит двигать в другую

сторону, стрелка отклонится в другую сторону. В результате проведенного эксперимента сделайте вывод, как взаимосвязаны направления движения магнита и индукционного тока.



4. Вторая часть лабораторной работы связана будет с другим экспериментом. Схема эксперимента представлена на рисунке ниже.



В данной схеме изменение магнитного потока будет получаться не за счет движения постоянного магнита, а за счет изменения силы тока во второй катушке.

В первой части необходимо исследовать наличие **индукционного тока** при замыкании и размыкании цепи.

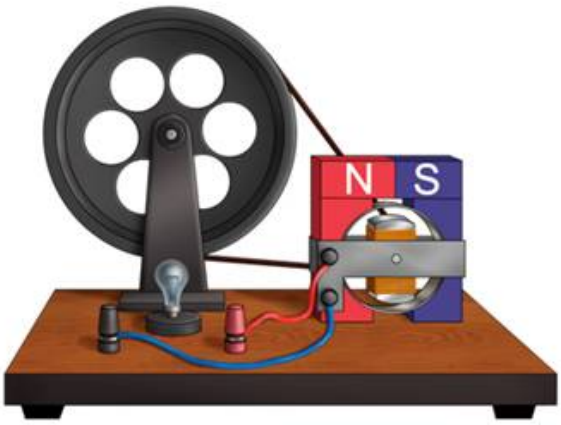
Проверьте, возникает ли в катушке-мотке 1 индукционный ток в следующих случаях: 1) при замыкании и размыкании цепи, в которую включена катушка 2; 2) при протекании через катушку 2 постоянного тока.

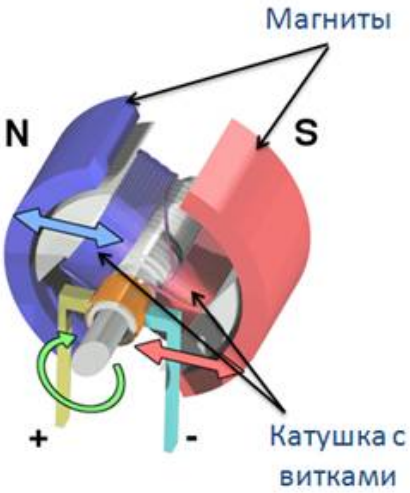
Следующая часть опыта заключается в том, чтобы проследить, как будет изменяться индукционный ток, если менять величину тока в цепи за счет реостата. Известно, что если изменять электрическое сопротивление в цепи, то,

следуя закону Ома, будет меняться и электрический ток. **Раз изменяется электрический ток, будет изменяться магнитное поле**.

Проследите, как меняется индукционный ток при увеличении и уменьшении силы тока, протекающего через катушку 2, путем перемещения в соответствующую сторону движка реостата. Сделайте вывод о том, почему меняется магнитный поток, пронизывающий катушку 1?

5. В заключение лабораторной работы необходимо посмотреть на то, **как создается индукционный электрический ток в генераторе электрического тока**.





Главная часть генератора — это магниты, а внутри этих магнитов располагается катушка с определенным количеством намотанных витков. Если вращать колесо этого генератора, то в обмотке катушки будет наводиться индукционный электрический ток.

Самостоятельно объясните, почему в рамке, вращающейся в магнитном поле, возникает индукционный ток.

В конце работы подведите итоги и сделайте общий вывод о том, как и от чего зависит индукционный ток.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА

1. Цель

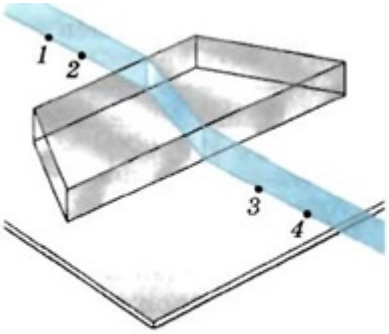
- измерить показатель преломления стекла, сравнить его с табличным значением.

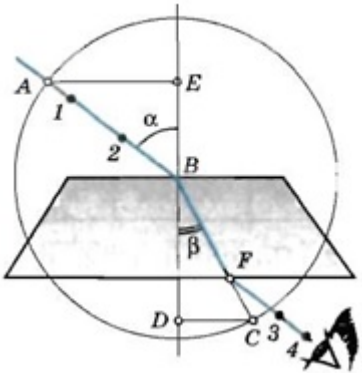
2. Оборудование

- стеклянная платина в форме трапеции;
- лампа накаливания;
- ключ;
- источник питания;
- экран с щелью;
- теоретическая часть.

3. Основные теоретические сведения

В работе измеряется показатель преломления стеклянной пластины, имеющей форму трапеции. На одну из параллельных граней пластины наклонно к ней направляют узкий световой пучок. Проходя через пластину, этот пучок света испытывает двукратное преломление. Источником света служит электрическая лампочка, подключенная через ключ к какому-либо источнику тока. Световой пучок создается с помощью металлического экрана с щелью. При этом ширина пучка может меняться за счет изменения расстояния между экраном и лампочкой.





Показатель преломления стекла относительно воздуха определяется по формуле $n = \sin\alpha/\sin\beta$, где α - угол падения пучка света на грань пластины (из воздуха в стекло); β - угол преломления светового пучка в стекле.

Для определения отношения, стоящего в правой части формулы, поступают следующим образом. Перед тем как направить на пластину световой пучок, ее располагают на столе на листе миллиметровой бумаги (или листе бумаги в клетку) так, чтобы одна из ее параллельных граней совпала с предварительно отмеченной линией на бумаге. Эта линия укажет границу раздела сред воздух - стекло. Тонко очинённым карандашом проводят линию вдоль второй параллельной грани. Эта линия изображает границу раздела сред стекло - воз-

дух. После этого, не смещая пластины, на ее первую параллельную грань направляют узкий световой пучок под каким-либо углом к грани. Вдоль падающего на пластину и вышедшего из нее световых пучков тонко очинённым карандашом ставят точки 1, 2, 3 и 4 (см. рисунок). После этого лампочку выключают, пластину снимают и с помощью линейки прочерчивают входящий, выходящий и преломленный лучи (рисунок). Через точку B границы раздела сред воздух - стекло проводят перпендикуляр к границе, отмечают углы падения α и преломления β. Далее с помощью циркуля проводят окружность с центром в точке B и строят прямоугольные треугольники ABE и CBD.

Так как $\sin\alpha = AE/AB$, $\sin\beta = CD/BC$ и $AB = BC$, то формула для определения показателя преломления стекла примет вид $n_{пр} = AE/DC$

Длины отрезков AE и DC измеряют по миллиметровой бумаге или с помощью линейки. При этом в обоих случаях инструментальную погрешность можно считать равной 1 мм. Погрешность отсчета надо взять также равной 1 мм для учета неточности в расположении линейки относительно края светового пучка.

Максимальную относительную погрешность е измерения показателя преломления определяют по формуле $\varepsilon = \Delta AE/AE + \Delta DC/DC$

Максимальная абсолютная погрешность определяется по формуле $\Delta n = n_{пр}\ \varepsilon$ (Здесь $n_{пр}$ - приближенное значение показателя преломления, определяемое по формуле $n_{пр} = AE/DC$).

Окончательный результат измерения показателя преломления записывается так: $n = n_{пр} \pm \Delta n$

4. Ход работы

Порядок выполнения работы.

1. Подготовьте бланк отчета с таблицей для записи ре-зультатов измерений и вычислений.

Измерено		Вычислено				
AE, мм	DC, мм	$n_{пр}$	ΔAE, мм	ΔDC мм	ε %	Δn

2. Подключите лампочку через выключатель к источнику тока. С помощью экрана с щелью получите тонкий световой пучок.

3. Измерьте показатель преломления стекла относительно воздуха при каком-нибудь угле падения. Результат измерения запишите с учетом вычисленных погрешностей.

4. Повторите то же при другом угле падения.

5. Сравните результаты, полученные по формулам:

$n_{1пр} - \Delta n_1 < n_1 < n_{1пр} + \Delta n_1$

$n_{2пр} - \Delta n_2 < n_2 < n_{2пр} + \Delta n_2$

6. Сделайте вывод о зависимости (или независимости) показателя преломления от угла падения. (Метод сравнения результатов измерений изложен во введении к лабораторным работам в учебнике физики для X класса.)

Контрольный вопрос

Чтобы определить показатель преломления стекла, достаточно измерить транспортиром углы α и β и вычислить отношение их синусов. Какой из методов определения показателя преломления предпочтительнее: этот или использованный в работе?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общий физический практикум. Механика / под ред. А.Н. Матвеева и Д.Ф. Киселева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 272 с.

2. Каленков С.Г. Практикум по физике. Механика / С.Г. Каленков, Г.И. Соломахо. – М.: Высшая школа., 1990. – 111 с.

3. Васильев Н.Ф. Оценка погрешностей измерений / Н.Ф. Васильев. – Ханты-Мансийск: РИЦ ЮГУ, 2003. – 2 с.

4. Чужков Ю.П. Общие требования и правила оформления отчета о лабораторной работе по физике / Ю.П. Чужков. – Томск: ТУСУР, 1998. – 20 с.

5. Механика и термодинамика. Методические указания к вводному занятию и к лабораторным работам № 0 – 6 по физике для студентов I курса всех факультетов Составители: А.В.Баранов, А.М. Погорельский, В.В. Христофоров, Б.Л. Паклин, Д.Д. Березиков. – Издательство НГТУ, 2012.

6. Савельев И. В. Курс общей физики. [В 4 т.]. Т. 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие / И. В. Савельев; под общ. ред. И.В. Савельева. – 2-е изд., стер. – М.; КНОРУС, 2012. – 528 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение …….. 4
Основные формулы …… 5
Примеры решения задач …… 11
Задачи для самостоятельного решения ……. 14
Кинематика …….. 14
Динамика ……. 20
Библиографический список ……... 30

ВВЕДЕНИЕ

Физика, наряду с другими естественными науками, изучает объективные свойства окружающего нас материального мира. Физика исследует наиболее общие формы движения материи. Простейшей и наиболее общей формой движения является механическое движение. Механическим движением называется процесс изменения взаимного расположения тел в пространстве и с течением времени.

Классическая механика изучает движение макроскопических тел, совершаемых со скоростями, малыми по сравнению со скоростью света в вакууме. Законы классической механики были сформулированы И. Ньютоном в 1687 году, но не утратили своего значения в наши дни. Движение частиц со скоростями порядка скорости света рассматривается в релятивистской механике, основанной на специальной теории относительности, а движения микрочастиц изучается в квантовой механике. Это значит, что законы классической механики имеют определенные границы применения.

Механика делится на три раздела: кинематику, динамику и статику. В разделе кинематика рассматриваются такие кинематические характеристики движения, как перемещение, скорость, ускорение.

В основе классической динамики лежат законы Ньютона. Здесь необходимо обратить внимание на векторный характер действующих на тела сил, входящих в эти законы. Динамика охватывает такие вопросы, как закон сохранения импульса, закон сохранения полной механической энергии, работа силы, деформация, условия равновесия, давление в жидкости и твёрдых телах, механические колебания и волны.

При изучении кинематики и динамики вращательного движения следует обратить внимание на связь между угловыми и линейными характеристиками. Здесь вводятся понятия угловой скорости, углового ускорения, момента силы относительно оси вращения.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

$\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$	- правило сложения перемещений
$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$	- правило сложения скоростей
$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\vec{S}}{t}$	- средняя скорость
$v_{\text{ср}} = \frac{L}{t}$	- средняя путевая скорость
$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$	- вектор ускорения
$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$	- проекция вектора ускорения
$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}$	- скорость равномерного движения
$v_x = \frac{S_x}{t}$	- проекция скорости равномерного движения
$S_x = v_x t$	- проекция перемещения равномерного движения
$x = x_0 + v_x t$	- координата тела при равномерном движении
$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$	- скорость тела при равноускоренном движении
$v_x = v_{0x} \pm a_x t$	- проекция скорости при разгоне(торможении)
$S_x = v_{0x} t \pm \frac{a_x t^2}{2}$	- перемещение при равноускоренном (равнозамедленном) движении
$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$	- координата тела при равноускоренном движении

$S_x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$	- формула связи
$S_n = \frac{a}{2} \cdot (2n - 1)$	- перемещение в n-ую секунду при равноускоренном движении
$h = v_0 t \pm \frac{gt^2}{2}$	- расстояние при движении по вертикали вниз (вверх)
$v = v_0 \pm gt$	- скорость при движении по вертикали вниз (вверх)
$h = \frac{v^2 - v_0^2}{\pm 2g}$	- формула связи при движении по вертикали вниз (вверх)
$t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$	- время падения
$t_{\text{под}} = \frac{v_0}{g}$	- время подъёма
$t_{\text{под}} = \frac{v_0 sin\alpha}{g}$	- время подъёма при движении тела под углом к горизонту
$t_{\text{пол}} = 2t_{\text{пад}} = \frac{2v_0 sin\alpha}{g}$	- время полёта при движении тела под углом к горизонту
$h = v_0 t \pm \frac{gt^2}{2}$	- перемещение при движении по вертикали вниз (вверх)
$l = v_{0x}\sqrt{\frac{2h_0}{g}}$	- дальность полёта тела, брошенного горизонтально
$h_{max} = \frac{v_0^2 sin^2\alpha}{2g}$	- максимальная высота подъёма
$S_{max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$	- максимальная дальность полёта
$T = \frac{t}{N}$	- период колебаний
$\nu = \frac{1}{T}$	- частота колебаний

$a_{цс} = \frac{\upsilon^2}{R}$	- центростремительное ускорение
$\upsilon = \frac{2\pi \cdot R}{T}$	- линейная скорость при равномерном движении по окружности
$\upsilon = \omega \cdot R$	- связь линейной и угловой скоростей
$a_{цс} = \omega^2 \cdot R$	- связь центростремительного ускорения и угловой скорости
$\omega = \frac{\varphi}{t}$	- угловая скорость
$\omega = \frac{2\pi}{T}$	- угловая скорость, выраженная через период
$\omega = 2\pi\nu$	- угловая скорость, выраженная через частоту
$\sum \vec{F} = 0, \quad \vec{\upsilon} = const$	- первый закон Ньютона
$\rho = \frac{m}{V}$	- плотность вещества
$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_N$	- принцип суперпозиции сил
$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_N = m\vec{a}$	- второй закон Ньютона
$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$	- третий закон Ньютона
$F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	- закон всемирного тяготения
$\upsilon_1 = \sqrt{gR}$	- первая космическая скорость
$\upsilon_1 = \sqrt{\frac{GM}{R+H}}$	- первая космическая скорость

$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{(R+H)^3}{GM}}$	- период обращения искусственного спутника Земли
$F_{\text{т}} = mg$	- сила тяжести
$g = G\frac{M}{R^2}$	- ускорения свободного падения
$P = mg$	- вес тела
$P = m \cdot (g \pm a)$	- вес тела, движущегося с ускорением, направленным вертикально вверх (вниз)
$n = \frac{m \cdot (g+a)}{mg} = 1 + \frac{a}{g}$	- перегрузка
$x = \Delta l = l - l_0$	- абсолютное удлинение
$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$	- относительное удлинение
$\sigma = \frac{F}{S}$	- механическое напряжение
$F_{\text{упр}} = -k\Delta l$	- закон Гука
$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$	- жёсткость системы из двух пружин, соединённых последовательно
$k = k_1 + k_2$	- жёсткость системы из двух пружин, соединённых параллельно
$(F_{\text{тр.покоя}})_{max} = \mu N$	- максимальная сила трения покоя
$F_{\text{тр.скольжения}} = \mu N$	- сила трения скольжения
$p = \frac{F}{S}$	- давление
$\vec{p} = m\bar{\bar{\upsilon}}$	- импульс тела
$\overrightarrow{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$	- импульс силы

$\vec{p} = \sum_{i=1}^{N} \vec{p}_i$	- импульс системы тел
$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} + \cdots = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \cdots$	- закон сохранения импульса
$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$	- закон сохранения импульса для абсолютно упругого удара
$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}'$	- закон сохранения импульса для абсолютно неупругого удара
$A = FS\cos\alpha$	- механическая работа
$A = mgh$	- работа силы тяжести
$A = \frac{kx^2}{2}$	- работа силы упругости
$\eta = \frac{A_{\text{пол.}}}{A_{\text{зат.}}} \cdot 100\%$	- коэффициент полезного действия механизма (КПД)
$N = \frac{A}{t}$	- мощность
$N = Fv\cos\alpha$	- мощность тела, движущегося равномерно
$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$	- работа и изменение кинетической энергии (теорема о кинетической энергии)
$A = -(mgh - mgh_0)$	- работа и изменение потенциальной энергии тела, поднятого над землёй
$A = -(\frac{kx^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2})$	- работа и изменение потенциальной энергии упруго деформированного тела
$W_k = \frac{mv^2}{2}$	- кинетическая энергия
$W_p = mgh,\ \ W_p = \frac{kx^2}{2}$	- потенциальная энергия
$W_{1k} + W_{1p} = W_{2k} + W_{2p}$	- закон сохранения механической энергии для замкнутой системы
$W_{1k} + W_{1p} = W_{2k} + W_{2p} + Q$	- закон сохранения механической энергии для незамкнутой системы

$x = A\cos(\omega t + \varphi_0)$	- уравнение гармонических колебаний
$\upsilon = x',\ \ \upsilon = -A\omega\sin(\omega t + \varphi_0)$	- скорость гармонических колебаний
$\upsilon_{max} = A\omega$	- амплитуда скорости
$a = \upsilon',\ \ a = -A\omega^2\cos(\omega t + \varphi_0)$	- ускорение гармонических колебаний
$a_{max} = A\omega^2$	- амплитуда ускорения
$W_{\text{полн}} = W_{k\,max} = W_{p\,max} = W_k + W_p$	- полная механическая энергия гармонических колебаний
$\varphi = \omega t + \varphi_0$	- фаза колебаний
$T = \frac{t}{N}, T = \frac{1}{\nu}$	- период колебаний
$\nu = \frac{N}{t}, \nu = \frac{1}{T}$	- частота колебаний
$\omega = 2\pi\nu, \omega = \frac{2\pi}{T}$	- циклическая частота
$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	- период колебаний математического маятника
$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$	-частота колебаний атематического маятника
$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$	- циклическая частота колебаний математиче-ского маятника
$\upsilon_{max} = A \cdot \sqrt{\frac{g}{l}}$	- максимальное значение скорости колебаний математического маятника
$a_{max} = A \cdot \frac{g}{l}$	- максимальное значение ускорения колебаний математического маятника
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	- период колебаний пружинного маятника
$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$	- частота колебаний пружинного маятника
$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	- циклическая частота колебаний пружинного маятника

$\upsilon_{max} = A \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$	- максимальное значение скорости колебаний пружинного маятника
$a_{max} = A \cdot \frac{k}{m}$	- максимальное значение ускорения колебаний пружинного маятника
$\lambda = \upsilon T, \quad \lambda = \frac{\upsilon}{\nu}, \quad \lambda = \frac{2\pi\upsilon}{\omega}$	- длинна волны

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО МЕХАНИКЕ

Пример 1.1

С некоторой высоты над поверхностью земли бросили мячик, который упал на землю через время t. Определите на какой высоте от поверхности земли находился мячик через промежуток времени равный t_1 после начала полёта и его скорость в этот момент времени.

Дано:
h, t, t_1

Найти:
h_1-?

Под действием силы тяжести, мячик равноускоренно приближается к земле. Используя уравнения движения для равноускоренного движения выразим начальную скорость мячика $h = v_0 t + \frac{gt^2}{2} \Longrightarrow v_0 = \frac{h}{t} - \frac{gt}{2}$. За время t_1 мяч пролетает путь $S = v_0 t_1 + \frac{gt_1^2}{2}$ и окажется на высоте $h_1 = h - S$. Скорость мяча в данный момент времени находится из уравнения скорости.

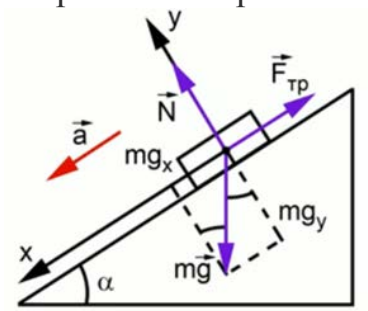
Ответ: $h_1 = \frac{g}{2}(t^2 + t_1^2) + v_0(t - t_1)$, $v_1 = v_0 + gt_1$

Пример 1.2

Из состояния покоя, брусок массой ***m*** начинает скользить по наклонной плоскости. Угол наклонной плоскости составляет ***α*** градусов с горизонтом, коэффициент трения ***μ***. Определить равнодействующую силу и ускорение бруска.

Дано:
m, α, μ

На брусок действуют силы притяжения к земле, сила реакции опоры и сила трения.



По второму закону Ньютона, равнодействующая всех сил

$$\overrightarrow{ma} = \overrightarrow{mg} + \vec{N} + \overrightarrow{F_{тр}}$$

По оси ox: $ma = mg \cdot sin\alpha - F_{тр}$

По оси oy: $0 = N - mgcos \cdot \alpha$

$F_{тр} = \mu \cdot N$, подставим и найдём

$$ma = mg \cdot sin\alpha - \mu \cdot mgcos\alpha$$

Ускорение $a = g(sin\alpha - \mu cos\alpha)$

Ответ: $F_{\text{равн}} = mg(sin\alpha - \mu cos\alpha),\ a = g(sin\alpha - \mu cos\alpha).$

Пример 1.3

С высоты h вертикально вниз бросают мяч. После абсолютно упругого удара о землю, мяч поднимается на высоту 2h. Определите начальную скорость броска мяча.

Дано: h, 2h
Найти: v_0- ?

В момент броска мяч, находился на высоте h и имел начальную скорость v_0, следовательно, обладал и потенциальной и кинетической энергией. Полная механическая механическая энергия мяча $E_{\text{мех.нач.}} = mgh + \frac{m{v_0}^2}{2}$. Считаем, что силы сопротивления воздуха ничтожно малы и система тел (мяч-Земля) замкнута. В этом случае по закону сохранения энергии:

$$E_{\text{мех.нач.}} = mgh + \frac{m{v_0}^2}{2} = E_{\text{мех.конеч.}} = mg \cdot 2h$$

Отсюда легко выразить начальную скорость мяча, причём высота подъёма мяча не зависит от его массы и определяется только его начальной скоростью броска. $v_0 = \sqrt{2g(2h - h)}$

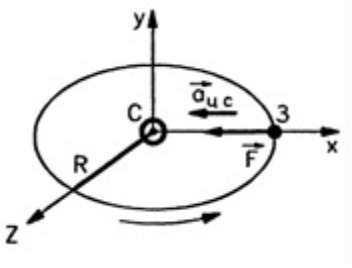
Ответ: $v_0 = \sqrt{2gh}$.

Пример 1.4

Скорость обращения Земли вокруг Солнца $\boldsymbol{v}$, радиус земной орбиты $\boldsymbol{R}_{\text{з}}$. Выразите массу Солнца.

Дано:
$\boldsymbol{v}$, $\boldsymbol{R}_{\text{зс}}$
Найти:
$\boldsymbol{M_c}$ - ?

В центр системы координат xyz поместим Солнце. На расстоянии R вдоль оси ox поместим Землю. Сила взаимодействия Земли и Солнца направлена в начало координат.



По второму закону Ньютона $\overrightarrow{ma} = \vec{F}$,
В правой части сила всемирного тяготения $F = G \cdot \frac{M_c \cdot M_{\text{з}}}{R_{\text{зс}}^2}$, движение происходит по окружности с постоянной скоростью. Возникает центростремительное ускорение

$$a_{\text{ц}} = v^2/R_{\text{зс}}\ .$$

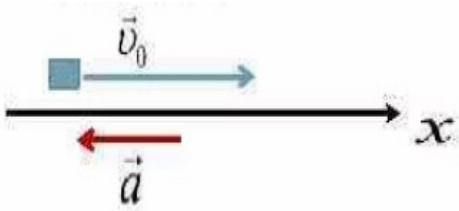
$M_{\text{з}} \frac{v^2}{R_{\text{зс}}} = G \cdot \frac{M_{\text{з}} \cdot M_c}{R_{\text{зс}}^2}$ отсюда выразим массу Солнца.

Ответ: масса Солнца $M_c = \frac{v^2 \cdot R_{\text{зс}}}{G}$.

Пример 1.5

Велосипедист во время торможения ***t*** двигался равнозамедленно с некоторым ускорением ***a***. Определите тормозной путь и начальную скорость велосипедиста.

Дано:
t, a, $v_к$=0
Найти:
S_x–? v_0–?



Уравнения движения имеют вид: $\vec{v} = \overrightarrow{v_0} + \vec{a} \cdot t, \vec{S} = \overrightarrow{v_0} \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}$.

Проекция уравнений скорости и перемещения на ось ох:

$v_x = v_{0x} - a_x \cdot t,\ S_x = v_{0x} \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2}$. По условию задачи конечная скорость велосипедиста равна нулю.

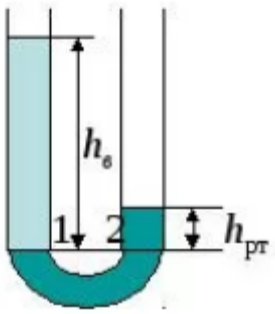
$$v_{0x} = a_x \cdot t,\quad S_x = a_x \cdot t^2 - \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Ответ: тормозной путь велосипедиста $S_x = \frac{a \cdot t^2}{2}$, его начальная скорость $v_{0x} = a_x \cdot t$.

Пример 1.6

В ***U***-образном сосуде находятся две несмешиваемые жидкости - керосин и ртуть. Уровень раздела жидкостей расположен ниже свободного края ртути на высоту $\boldsymbol{h_{рт}}$. Определить разность высот уровней жидкостей в сосуде.

Дано:
$\boldsymbol{h_{рт}}$,
$\boldsymbol{\rho}_{рт.}, \boldsymbol{\rho}_к$
Найти:
$\boldsymbol{h}_{к.рт.}$–?



Давление жидкостей на одном горизонтальном уровне одинаково $\rho_к = \rho_{рт}$ причём $p_к = \rho_к \cdot g \cdot h_к$, $p_{рт} = \rho_{рт} \cdot g \cdot h_{рт}$. Приравняв правые части уравнений выразим любую из высот, зная, что $\frac{\rho_к}{\rho_{рт}} = \frac{h_{рт}}{h_к}$. Так как $\rho_к \ll \rho_{рт}$, то $h_к \gg h_{рт}$ соответственно $h_к = \frac{\rho_{рт} \cdot h_{рт}}{\rho_к}$. Найдём разность высот жидкостей

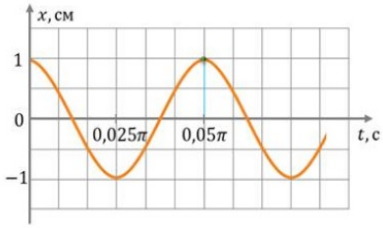
$$h_{к.рт.} = h_к - h_{рт}$$

Ответ: $h_{к.рт.} = \frac{\rho_{рт} \cdot h_{рт}}{\rho_к} - h_{рт}$.

Пример 1.7

На пружине жёсткостью 200Н/м закреплён груз. В начальный момент времени систему вывели из положения равновесия и отпустили. Найти массу груза и потенциальную энергию пружины.

Дано:
k=200Н/м
Найти:
m -?
E-?



Период колебаний пружинного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, тогда $T^2 = 4\pi^2 \cdot \frac{m}{k}$. По графику $T = 0{,}05\pi$ (с). Выразим массу груза $m = \frac{k \cdot T^2}{4\pi^2}$. Чтобы найти потенциальную энергию пружины используем формулу $E = \frac{k \cdot x_{max}^2}{2}$ По графику $x_{max}^2 = 1\text{см} = 10^{-2}\text{м}$.

Ответ: ***m*** = 25кг, ***E*** = 10^{-2} Дж.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Кинематика

1. Тело, двигаясь прямолинейно и равномерно в плоскости, перемещается из точки А с координатами (0 м; 2 м) в точку В с координатами (4 м; -1 м) за время, равное 10 с. Определите модуль скорости тела.

2. Тело, двигаясь прямолинейно и равномерно в плоскости, перемещается из точки А с координатами (1; 2) в точку В с координатами (4; -1) за время, равное 10 с. Каков угол между осью ОХ и скоростью тела?

3. Поезд длиной 560 м, двигаясь равномерно, прошёл мост длиной 640 м за 2 мин. Определите скорость поезда.

4. На какой высоте окажется самолёт через 8 с после взлёта с аэродрома, если он взлетает с постоянной скоростью 50 м/с, направленной под углом 45° к горизонту?

5. Газонокосилка имеет ширину захвата 80 см. Определите площадь скошенного за 10 мин участка, если скорость косилки 0,1 м/с.

6. В трубопроводе с площадью поперечного сечения 100 см^2 нефть движется со скоростью 1,4 м/с. Какой объём нефти проходит по трубопроводу в течение 8 мин?

7. Вагон шириной 2,4 м, движущийся со скоростью 15 м/с, был пробит пулей, летевшей перпендикулярно направлению движения вагона. Смещение отверстий в стенах вагона относительно друг друга 6 см. Определите скорость пули.

8. Координата материальной точки изменяется с течением времени согласно формуле x = 9 – 2t (м). Определите координату точки через 2 с после на-

чала движения.

9. Координата материальной точки изменяется с течением времени согласно формуле x = 8 – 3t (м). Чему равна проекция скорости материальной точки на ось OX?

10. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле x= - 10 - 4t (м). В какой момент времени координата этого тела будет равна нулю?

11. Тело начало двигаться вдоль оси X с постоянной скоростью 6 м/с из точки, имеющей координату x_0 = -7 м. Через сколько секунд координата тела окажется равной 5 м?

12. Даны уравнения координаты для двух материальных точек x = 2t (м) и x = -8 + 4t (м). В какой момент времени вторая точка догонит первую?

13. По оси OX движутся две точки: первая по закону x_1 = 10 + 2t (м), вторая по закону x_2 = + 5t (м). Определите координату места их встречи.

14. Между двумя пунктами, расположенными на реке на расстоянии 100 км один от другого, курсирует катер, который, идя по течению, проходит это расстояние за 4 ч, а против — за 10 ч. Определите скорость течения и скорость катера относительно воды.

15. Вертолёт летел на север со скоростью 36 км/ч относительно земли. С какой скоростью относительно земли будет лететь вертолёт, если подует западный ветер со скоростью 15 км/ч?

16. Эскалатор метро движется со скоростью 0,8 м/с. Пассажир, идущий в направлении движения со скоростью 0,4 м/с относительно эскалатора, затратил на весь путь 30 с. Какова длина эскалатора?

17. По двум параллельным железнодорожным путям равномерно движутся два поезда в одном направлении: грузовой — со скоростью 48 км/ч и пассажирский — со скоростью 102 км/ч. Какова величина относительной скорости поездов?

18. По дорогам, пересекающимся под прямым углом, едут велосипедист и автомобиль. Скорости велосипеда и автомобиля относительно придорожных столбов, соответственно, равны 8 м/с и 15 м/с. Чему равен модуль скорости автомобиля относительно велосипеда?

19. Два поезда идут навстречу друг другу по параллельным путям со скоростями 20 и 15 м/с. Определите время, в течение которого мимо пассажира,

находящегося в первом поезде, будет проходить второй поезд, длина которого 175 м.

20. Сколько времени пассажир, сидящий у окна поезда, идущего со скоростью 36 км/ч, будет видеть обгоняющий поезд длиной 120 м, движущийся со скоростью 72 км/ч?

21. Два поезда идут навстречу друг другу со скоростями 36 и 54км/ч. Пассажир в первом поезде замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение 8 с. Какова длина второго поезда?

22. Тело соскальзывает по наклонной плоскости, проходя за 10 с путь 2 м. Начальная скорость тела равна нулю. Определите модуль ускорения тела.

23. Поезд, отойдя от станции, прошёл путь 562,5 м и развил скорость 27 км/ч. Найдите ускорение поезда.

24. Скорость тела на пути 106,25 м увеличилась на 5 м/с. Определите ускорение тела, если скорость в начале пути 6 м/с.

25. Торможение электропоезда метро должно начаться на расстоянии 250 м от станции. Какое ускорение должен получить электропоезд, движущийся со скоростью 54 км/ч, чтобы остановиться на станции?

26. Сколько времени затратит ракета, движущаяся из состояния покоя с ускорением 6 м/с^2, на преодоление расстояния 75 м? На пути 60 м скорость тела за 20 с уменьшилась в 3 раза. Определите скорость тела в конце пути, считая ускорение постоянным.

27. За одну секунду движения тело прошло путь 10 м, при этом его скорость, не меняя направления, увеличилась в 4 раза по сравнению с первоначальной. Определите ускорение тела.

28. Двигаясь с ускорением 0,5 м/с^2, тело на пути 60 м увеличило скорость в 4 раза. Найдите начальную скорость тела.

29. Поезд за 15 с, двигаясь от станции с постоянным ускорением, прошёл 180 м. Определите, какое расстояние преодолел поезд за первые 5 с.

30. Поезд, двигаясь от станции, за вторую секунду проходит путь 1 м. Какой путь пройдёт поезд за 15 с от начала движения?

31. Тело, двигаясь равноускорено, в течение пятой секунды от начала движения прошло путь 45 м. Какой путь оно пройдёт за 10 с от начала движения?

32. Поезд отошёл от станции и в течение 15 с двигался равноускорено. Найдите путь, пройденный поездом за это время, если известно, что за десятую секунду он прошёл путь 19 м.

33. При равноускоренном движении из состояния покоя тело за третью секунду проходит путь 10 м. Какой путь пройдёт тело за девятую секунду?

34. Чему равна проекция перемещения материальной точки за 2 с, движение которой вдоль оси OX описывается уравнением $x= 12-3t + t^2$?

35. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 32 - 8t + 2t^2$. Определите модуль перемещения тела через 3 с.

36. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 20 - 5t + 6t^2$. Составьте соответствующее уравнение проекции скорости тела.

37. Движение тела описывается уравнением $x = 8 – 6t + 0,5t^2$. Определите проекцию скорости тела через 3 с после начала движения.

38. Движение тела описывается уравнением $x= 4 + 2t -3t^2$. Определите модуль скорости тела через 4 с после начала движения.

39. Зависимость координаты от времени для некоторого тела приведена в уравнении $x = 8t - t^2$. В какой момент времени скорость тела равна нулю?

40. Точка движется по оси X по закону $x = 5 + 4t- 2t^2$. Определите координату, в которой скорость точки обращается в нуль.

41. При прямолинейном движении зависимость пройденного телом пути 5 от времени t имеет вид: $s = 4t - t^2$. Определите скорость тела в момент времени t = 2 с.

42. Материальная точка движется по оси OX по закону $x = 2 + 5t + 10t^2$. Определите проекцию ускорения точки на ось OX.

43. Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку за грузовиком отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с^2. На каком расстоянии от остановки мотоциклист догонит грузовик?

44. Через 20 с после отхода теплохода вдогонку за ним от той же пристани отправляется катер с постоянным ускорением 1 м/с^2. Определите, на каком расстоянии от пристани катер догонит теплоход, если теплоход двигался равномерно со скоростью 18 км/ч

45. Галилей, изучая законы свободного падения, бросал без начальной

скорости разные предметы с наклонной башни в городе Пиза, высота которой 57,5 м. Сколько времени падали предметы с этой башни?

46. Тело брошено от земли вертикально вверх со скоростью 9 м/с. На какой высоте скорость тела уменьшится в 3 раза?

47. С вертолёта, находящегося на высоте 30 м, упал камень. Через сколько секунд камень достигнет земли, если вертолёт при этом опускался со скоростью 5 м/с?

48. Найдите конечную скорость материальной точки при свободном падении с высоты 45 м.

49. С высоты 2,4 м брошен мяч вертикально вниз со скоростью 1 м/с. Чему равна его скорость в момент падения?

50. Тело брошено вертикально вверх с высоты 40 м с начальной скоростью 5 м/с. На какой высоте окажется тело через 2 с?

51. Мяч, брошенный вертикально вверх, упал на землю через 3 с. Определите начальную скорость.

52. Стрела, выпущенная из лука вертикально вверх, упала на землю через 6 с. На какую максимальную высоту поднялась стрела?

53. Из окна, расположенного на высоте 5 м от земли, горизонтально брошен камень, упавший на расстоянии 8 м от дома. С какой скоростью брошен камень?

54. Мяч, брошенный с башни горизонтально со скоростью 5 м/с, упал на расстоянии 10 м от её подножия. Чему равна высота башни?

55. Дальность полёта тела, брошенного горизонтально со скоростью 5 м/с, равна начальной высоте. Определите дальность полёта.

56. Мальчик ныряет в воду с крутого горизонтального берега высотой 5 м, имея после разбега скорость 6 м/с. С какой скоростью он достигнет поверхности воды?

57. Камень брошен с горы горизонтально со скоростью 15 м/с. Через какое время его скорость будет направлена под углом 45° к горизонту?

58. Камень брошен с башни горизонтально. Через 3 с вектор скорости камня составил угол 45° с горизонтом. Какова начальная скорость камня?

59. Мяч бросили с горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту. Минимальная скорость мяча во время полёта была равна 7 м/с, а мак-

симальная — 10 м/с. Через какой промежуток времени мяч упадёт на землю?

60. Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом 30° к горизонту, упал обратно на землю в 86,6 м от места броска. Какой максимальной высоты он достиг за время полёта?

61. Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, достиг максимальной высоты 5 м и упал обратно на землю в 20 м от места броска. Чему равна минимальная скорость камня за время полёта?

62. На соревнованиях по лёгкой атлетике спортсмен прыгнул в высоту на 2 м. Минимальная скорость спортсмена в этом прыжке была равна по модулю 1,2 м/с. Пренебрегая силой трения о воздух, определите длину прыжка.

63. Автомобиль движется со скоростью 36 км/ч. Определите скорость верхней и нижней точки колеса относительно поверхности земли.

64. Минутная стрелка часов на 50% длиннее секундной. Во сколько раз линейная скорость конца секундной стрелки больше минутной?

65. Точка равномерно движется по окружности, совершая один оборот за 1,57 с. Определите угловую скорость точки.

66. Точка равномерно движется по окружности, имея частоту вращения 2 Гц. Определите угловую скорость точки.

67. Точка равномерно движется по окружности радиусом 1,5 м с угловой скоростью 3 рад/с. Определите линейную скорость точки.

68. Найдите угловую скорость барабана лебёдки диаметром 16 см при подъёме груза со скоростью 0,4 м/с.

69. Во сколько раз увеличится центростремительное ускорение точек обода колеса, если период обращения колеса уменьшится в 2 раза?

70. Во сколько раз возрастёт линейная скорость вращающегося колеса, если центростремительное ускорение увеличится в 4 раза?

71. Во сколько раз и как изменится угловая скорость тела, если центростремительное ускорение уменьшится в 9 раз?

72. Что происходит с периодом вращения, если центростремительное ускорение тела увеличивается в 4 раза?

73. Что происходит с частотой вращения, если центростремительное ускорение уменьшилось в 9 раз?

74. Период вращения первого колеса в 4 раза больше периода вращения второго, а его радиус в 2,5 раза больше радиуса второго колеса. Во сколько раз центростремительное ускорение точек обода второго колеса больше первого?

Динамика

1. Поезд массой 2000 т, движущийся со скоростью 36 км/ч, остановился, пройдя путь 400 м. Определите величину тормозящей силы.

2. На два тела действуют равные силы. Первое тело массой 300 г движется с ускорением 2 м/с^2. Определите массу второго тела, если оно движется с ускорением 10 см/с^2.

3. Сила 40 Н сообщает телу ускорение 0,8 м/с^2. Какая сила сообщит этому телу ускорение 2 м/с^2?

4. На тележку массой 500 г действует сила 15 Н. С какой силой нужно действовать на тележку массой 1 кг, чтобы она двигалась с тем же ускорением, что и первая тележка?

5. Порожний грузовой автомобиль массой 5 т начинает движение с ускорением 0,3 м/с^2. После загрузки при той же силе тяги он трогается с места с ускорением 0,2 м/с^2. Сколько тонн груза принял автомобиль? Сопротивлением движению пренебречь.

6. С каким ускорением движется тело массой 20 кг, на которое действуют три равные силы по 40 Н каждая, лежащие в одной плоскости и направленные под углом 120° друг к другу?

7. Брусок спускается с наклонной плоскости длиной 15 см в течение 0,25 с. Определите равнодействующую всех сил, действующих на брусок во время движения, если его масса 200 г и движение начинается из состояния покоя.

8. Автомобиль массой 1500 кг, двигаясь равноускорено из состояния покоя по горизонтальному пути под действием равнодействующей силы 1800 Н, приобрёл скорость 54 км/ч. Определите путь, пройденный автомобилем.

9. Снаряд массой 2 кг вылетает из ствола орудия в горизонтальном направлении со скоростью 400 м/с. Определите значение равнодействующей силы, считая её постоянной, если длина ствола 2,5 м.

10. На поверхности озера плавают две лодки массой 200 кг каждая, в одной из них сидит человек массой 50 кг. Он подтягивает к себе с помощью верёвки вторую лодку. Сила натяжения верёвки 100 Н. Сила сопротивления воды

мала. Какое по модулю ускорение будет у лодки без человека? Определите ускорение лодки с человеком.

11. Лодку массой 50 кг подтягивают канатом к первоначально покоящемуся теплоходу массой 300 т. Лодка движется с ускорением 0,6 м/с^2. Определите ускорение теплохода.

12. Два тела, движущиеся по гладкой горизонтальной плоскости, столкнулись друг с другом. Первое тело массой 500 г после столкновения стало двигаться с ускорением 1 м/с^2, а ускорение второго равно 2 см/с^2. Определите массу второго тела.

13. Как изменится сила всемирного тяготения, если массу одного из взаимодействующих тел уменьшить в 6 раз, а расстояние уменьшить в 2 раза?

14. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между однородным шаром и материальной точкой, соприкасающейся с шаром, если материальную точку удалить от поверхности шара на расстояние, равное двум диаметрам шара?

15. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между двумя одинаковыми однородными шарами, если вначале шары соприкасались друг с другом, а затем один из шаров отодвинули на расстояние, равное диаметру шаров?

16. Как изменится сила тяжести, действующая на космический корабль, если сначала он был на расстоянии трёх земных радиусов от центра планеты, а потом приземлился на космодроме?

17. Космонавт, находясь на Земле, притягивается к ней с силой 750 Н. С какой приблизительно силой он будет притягиваться к Марсу, находясь на его поверхности? Радиус Марса в 2 раза меньше, а масса в 10 раз меньше, чем у Земли.

18. Космонавт, находясь на Земле, притягивается к ней с силой 600 Н. С какой силой он будет притягиваться к Луне, находясь на её поверхности, если радиус Луны меньше радиуса Земли в 4 раза, а масса Луны меньше массы Земли в 80 раз?

19. У поверхности Луны на космонавта действует сила тяготения 160 Н. Какая сила тяготения действует со стороны Луны на того же космонавта в космическом корабле, движущемся по круговой орбите вокруг Луны на расстоянии двух лунных радиусов от её центра?

20. Предположим, что радиус Земли уменьшился в 3 раза. Как должна

измениться её масса, чтобы ускорение свободного падения на поверхности осталось прежним?

21. Как изменится ускорение свободного падения на поверхности планеты, если плотность планеты увеличится в 2 раза, а радиус планеты останется прежним?

22. Как изменится ускорение свободного падения на поверхности планеты, если плотность планеты увеличится в 3 раза, а радиус в 3 раза уменьшится?

23. Зная ускорение свободного падения на поверхности Земли (10 м/с^2) и радиус планеты (6400 км), рассчитайте её среднюю плотность.

24. Первая космическая скорость для спутника Нептуна, летающего на небольшой высоте, равна 17,7 км/с. Определите радиус Нептуна, если масса планеты $1{,}04 \cdot 10^{26}$ кг.

25. Как изменилась бы первая космическая скорость, если бы масса планеты увеличилась в 9 раз?

26. Как изменилась бы первая космическая скорость, если бы радиус планеты увеличился в 9 раз?

27. Массу спутника увеличили в 4 раза. Как изменится его первая космическая скорость?

28. Планета представляет собой однородный шар с плотностью 9000 кг/м^3. Каков период обращения искусственного спутника планеты, движущегося вблизи её поверхности?

29. Плотность Марса приблизительно равна плотности Земли, а масса в 10 раз меньше. Определите отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Марса по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника Земли.

30. Масса некоторой планеты в 3 раза меньше массы Земли, а период обращения спутника, движущегося вокруг этой планеты по низкой круговой орбите, совпадает с периодом обращения аналогичного спутника Земли. Определите отношение средних плотностей планеты и Земли.

31. Однородную пружину длиной L и жёсткостью к разрезали пополам. Какова жёсткость половины пружины?

32. Под действием груза проволока удлинилась на 1 см. Этот же груз подвесили к проволоке такой же длины из того же материала, но имеющей в 2 раза большую площадь сечения. Каким будет удлинение проволоки?

33. Определите жёсткость системы пружин при последовательном и параллельном соединениях. Жёсткость первой пружины — 2000 Н/м, а второй — 6000 Н/м.

34. К двум параллельно соединенным пружинам последовательно присоединена третья. Какова жёсткость этой системы, если пружины имеют одинаковую жёсткость, равную 1500 Н/м?

35. При движении по горизонтальной поверхности на тело действует сила трения скольжения 14 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 7 раз и увеличения площади его соприкосновения с поверхностью в 2 раза, если коэффициент трения не изменится?

36. Определите коэффициент трения между змеёй и землёй, если змея массой 120 г движется равномерно со скоростью 1 м/с, при этом сила трения равна 0,15 Н.

37. На каком минимальном расстоянии от перекрёстка должен начинать тормозить шофёр при красном сигнале светофора, если автомобиль движется со скоростью 90 км/ч? Коэффициент трения между шинами и дорогой равен 0,4.

38. Поезд, подъезжая к станции со скоростью 90 км/ч, начинает равномерно тормозить. Каково наименьшее время торможения поезда до полной остановки, безопасное для спящих на верхних полках пассажиров? Коэффициент трения о полки 0,2. На каком расстоянии до станции необходимо начать тормозить?

39. После удара клюшкой шайба массой 0,15 кг скользит по ледяной площадке. Её скорость при этом меняется в соответствии с уравнением v = 20 - 3/. Определите коэффициент трения шайбы о лёд.

40. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 5 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен 0,12. Определите силу трения между телом и поверхностью, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы 6 Н.

41. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 3 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен 0,2. Определите силу трения между телом и поверхностью, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы 8 Н.

42. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 3 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен 0,2. Определите

равнодействующую силу, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы 7 Н.

43. Под действием какой горизонтальной силы вагонетка массой 350 кг движется по горизонтальным рельсам с ускорением 0,15 м/с^2, если сила сопротивления движению 12 Н?

44. Автобус, масса которого с полной нагрузкой 15 т, трогается с места с ускорением 0,9 м/с^2. Найдите силу тяги, если коэффициент сопротивления движению равен 0,03.

45. Состав какой массы может везти тепловоз с ускорением 0,1 м/с^2 при коэффициенте трения 0,005, если он развивает максимальное тяговое усилие 300 кН?

46. Парашютист массой 80 кг спускается на парашюте с установившейся скоростью 5 м/с. Какой будет установившаяся скорость, если на том же парашюте будет спускаться мальчик массой 40 кг? Считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости парашюта.

47. Парашютист массой 75 кг спускается на парашюте с установившейся скоростью 6 м/с. Какой будет установившаяся скорость, если на том же парашюте будет спускаться мальчик массой 45 кг? Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости.

48. Брусок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене с силой 10 Н. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,4. Какой величины силу надо приложить к бруску, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?

49. Брусок массой 2 кг перемещают вверх вдоль вертикальной стены с помощью силы, равной 52 Н и направленной под углом 60° к вертикали. Коэффициент трения бруска о стену равен 0,01. Определите ускорение бруска.

50. Тело массой 1 кг начинает двигаться равноускорено вверх по вертикальной стене под действием силы 15 Н, направленной под углом 15° к вертикали. Коэффициент трения между телом и стеной равен 0,08. Определите среднюю скорость тела за 2 с движения.

51. Тело массой 1 кг движется по горизонтальной плоскости. На тело действует сила 10 Н под углом а = 30° к горизонту. Коэффициент трения скольжения равен 0,4. Определите ускорение, с которым движется тело.

52. Груз массой 90 кг поднимают равномерно по наклонной плоскости

с углом наклона 30° к горизонту, прикладывая силу, направленную параллельно наклонной плоскости. Найдите эту силу, если коэффициент трения равен 0,4.

53. Автомобиль массой 4 т движется в гору с ускорением 0,2 м/с^2. Найдите силу тяги, если синус угла наклона горы равен 0,02, коэффициент трения 0,04.

54. На наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 3 м находится груз массой 50 кг. Коэффициент трения 0,2. Какую силу, направленную вдоль плоскости, надо приложить к грузу, чтобы втаскивать его с ускорением 1 м/с^2?Космический корабль стартует с Земли вертикально вверх с ускорением 20 м/с^2. Определите вес космонавта во время старта, если его масса 60 кг.

55. Человеческий организм сравнительно долго может переносить четырёхкратное увеличение своего веса. Какое максимальное ускорение можно придать космическому кораблю при старте с поверхности Земли, чтобы не превысить этой нагрузки на организм космонавтов? Старт космического корабля считать вертикальным.

56. Человек массой 70 кг находится в лифте, скорость которого направлена вниз и равна 1,2 м/с. Ускорение лифта направлено вверх и равно 2 м/с^2. Определите вес человека.

57. Герои романа Жюля Верна «Из пушки на Луну» летели в снаряде. Пушка имела длину ствола 300 м. Учитывая, что для полёта на Луну снаряд при вылете из ствола должен иметь скорость не менее 11,1 км/с, определите, во сколько раз возрастал бы вес пассажиров, считая движение равноускоренным.

58. Автомобиль массой 5 т равномерно со скоростью 54 км/ч въезжает на вогнутый мост, по форме представляющий собой дугу окружности радиусом 100 м. Определите, с какой силой автомобиль давит на мост в точке, радиус которой составляет с вертикалью 60°.

59. Автомобиль массой 3 т равномерно со скоростью 72 км/ч въезжает на вогнутый мост, по форме представляющий собой дугу окружности радиусом 80 м. Определите, с какой силой автомобиль давит на мост в точке, радиус которой составляет с вертикалью 45°.

60. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, помещены грузы массами 0,3 кг и 0,2 кг. С каким ускорением движутся грузы? Какова сила натяжения шнура во время движения?

61. Неподвижный блок подвешен к динамометру. Через блок перекинут невесомый шнур, на концах которого укреплены грузы массами 2 кг и 8 кг.

Определите показания динамометра при движении грузов. Нить невесома и нерастяжима. Массой блока и трением на блоке пренебречь.

62. Два тела, массы которых различаются в 2 раза, связаны нитью, перекинутой через неподвижный блок. Определите первоначальное расстояние между телами, если они окажутся на одном уровне через 1,2с после начала движения.

63. На нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 кг и 0,34 кг. За 2 с после начала движения каждый груз прошёл путь 1,2 м. Найдите ускорение свободного падения, исходя из данных опыта.

64. Через блок перекинута нить, к концу которой подвешены одинаковые гири массой 0,5 кг каждая. Какой дополнительный груз надо положить на одну из гирь, чтобы они стали двигаться с ускорением 0,2 м/с^2? Массой блока и нити можно пренебречь. Нить нерастяжима.

65. К концу нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены два одинаковых груза по 4 кг каждый. На один из грузов положили перегрузок массой 2 кг. Определите силу давления перегрузка на груз.

66. Диск вращается вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью 2 рад/с. На каком наибольшем расстоянии от оси вращения тело, расположенное на диске, не будет соскальзывать? Коэффициент трения между телом и поверхностью диска 0,2.

67. Горизонтально расположенный диск вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр, делая 12 оборотов в минуту. Максимальное расстояние от центра диска, на котором может удерживаться груз на диске, равно 60 см. Найдите значение коэффициента трения между грузом и диском.

68. В вагоне поезда, идущего равномерно со скоростью 20 м/с по закруглению радиусом 200 м, производится взвешивание груза с помощью динамометра. Масса груза 5 кг. Определите результат взвешивания.

69. К потолку на нити длиной 1 м прикреплён тяжёлый шарик. Шарик приведён во вращение в горизонтальной плоскости. Нить составляет угол 60° с вертикалью. Найдите период обращения шарика.

70. При измерении пульса человека было зафиксировано 75 пульсаций крови за 1 мин. Определите период и частоту сокращения сердечной мышцы.

71. Каков период колебаний поршня двигателя автомобиля, если за 30 с

поршень совершает 600 колебаний?

72. Сколько полных колебаний совершит материальная точка за 5 с, если частота колебаний 440 Гц?

73. За один и тот же промежуток времени первый математический маятник совершил 16 колебаний, а второй 10. Определите длину первого маятника, если разность их длин 0,39 м.

74. Первый математический маятник совершает колебания с частотой 6 Гц. Длина нити второго маятника больше длины первого в 3,24 раза. Чему равен период колебаний второго маятника?

75. Секундный маятник перенесли на поверхность Луны. Чему стал равен период колебаний этого маятника? Ускорение свободного падения на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле.

76. Математический маятник с длиной нити 7 см находится в лифте, который движется с ускорением 3 м/с2, направленным вниз. Рассчитайте период колебаний маятника.

77. Груз, подвешенный к пружине, совершает свободные колебания. Как изменится частота колебаний, если массу груза увеличить в 2 раза, а пружину заменить на другую? Коэффициент жёсткости новой пружины в 2 раза меньше старой.

78. Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 100 Н/м, совершает свободные гармонические колебания. Какой должна быть жёсткость другой пружины, чтобы частота колебаний этого груза увеличилась в 4 раза?

79. Тело массой 300 г подвешено к цепочке из двух параллельных пружин с коэффициентами жёсткости 500 и 250 Н/м. Определите период собственных колебаний системы.

80. Тело массой 600 г подвешено к цепочке из двух последовательных пружин с коэффициентами жёсткости 500 и 250 Н/м. Определите частоту колебаний системы.

81. За один и тот же промежуток времени первый математический маятник совершил 16 колебаний, а второй 10. Определите длину первого маятника, если разность их длин 0,39 м.

82. Первый математический маятник совершает колебания с частотой 6 Гц. Длина нити второго маятника больше длины первого в 3,24 раза. Чему равен период колебаний второго маятника?

83. Секундный маятник перенесли на поверхность Луны. Чему стал равен период колебаний этого маятника? Ускорение свободного падения на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле

84. Математический маятник с длиной нити 7 см находится в лифте, который движется с ускорением 3 м/с2, направленным вниз. Рассчитайте период колебаний маятника.

85. Груз, подвешенный к пружине, совершает свободные колебания. Как изменится частота колебаний, если массу груза увеличить в 2 раза, а пружину заменить на другую? Коэффициент жёсткости новой пружины в 2 раза меньше старой.

86. Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 100 Н/м, совершает свободные гармонические колебания. Какой должна быть жёсткость другой пружины, чтобы частота колебаний этого груза увеличилась в 4 раза?

87. Тело массой 300 г подвешено к цепочке из двух параллельных пружин с коэффициентами жёсткости 500 и 250 Н/м. Определите период собственных колебаний системы.

88. Тело массой 600 г подвешено к цепочке из двух последовательных пружин с коэффициентами жёсткости 500 и 250 Н/м. Определите частоту колебаний системы

89. Как изменится длина волны, если скорость распространения возрастёт в 1,2 раза, а период колебаний останется без изменений?

90. Как изменится длина волны, если скорость распространения увеличится в 4 раза, а период колебаний уменьшится в 2 раза?

91. Во сколько раз увеличится скорость распространения волны, если длина волны возрастёт в 3 раза, а период колебаний останется без изменений?

92. Как изменится скорость распространения волны, если длину волны и частоту увеличить в 2 раза?

93. Точка струны совершает колебания с частотой 1000 Гц. Какой путь пройдёт эта точка за 1,2 с, если амплитуда колебаний равна 2 мм?

94. Ультразвуковой сигнал с частотой 50 кГц возвратился после отражения от дна моря на глубине 150 м через 0,2 с. Какова длина ультразвуковой волны?

95. При измерении глубины моря под кораблём при помощи эхолота оказалось, что моменты отправления и приёма ультразвука разделены промежутком времени 0,6 с. Определите глубину моря под кораблём. Скорость звука в воде 1400 м/с.

96. На каком расстоянии от корабля находится айсберг, если посланный гидролокатором ультразвуковой сигнал, имеющий скорость 1500 м/с, вернулся назад через 0,4 с?

97. На расстоянии 400 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Каково время между видимым ударом молота о сваю и звуком удара, услышанным наблюдателем? Скорость звука в воздухе 340 м/с.

98. Источник колебаний с периодом 5 мс вызывает в воде звуковую волну с длиной волны 7,175 м. Определите скорость звука в воде.

99. Звуковая волна частотой 1 кГц распространяется в стальном стержне со скоростью 5 км/с. Определите длину этой волны.

100. Скорость звука в воздухе 340 м/с. Длина звуковой волны в воздухе для самого низкого мужского голоса достигает 4,3 м. Определите частоту колебаний этого голоса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пурышева, Н. С. «Физика» 10 класс (базовый уровень) / Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская, Д. А. Исаев. – М.: Дрофа, 2012.

2. Пурышева, Н. С. «Физика» 11 класс (базовый уровень) / Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская, Д. А. Исаев. – М.: Дрофа, 2012.

3. Мультимедийное приложение к учебнику Н.С. Пурышевой и др. – М.: Дрофа, 2012.

4. Касьянов, В. А. «Физика» 10 класс (профильный уровень) / В. А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2013.

5. Касьянов, В. А. «Физика» 11 класс (профильный уровень) / В. А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2013.

6. Громцева, О. И. Сборник задач по физике 10-11 кл. / О. И. Громцева. – М.: Экзамен, 2015. – 208 с.

7. Марон, А. Е. «Дидактические материалы» к учебникам Касьянова В.А. 10 класс (базовый и углубленный уровни) / А. Е. Марон, Е. А. Марон. – М.: Дрофа, 2014. – 156 с.

8. Марон, А. Е. «Дидактические материалы» к учебникам Касьянова В.А. 11 класс (базовый и углубленный уровни) / А. Е. Марон, Е. А. Марон. – М.: Дрофа, 2014. – 143 с.