приложение №3 к ОПОП

Государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение
«Кунгурский колледж агротехнологий и управления»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОД.11 ФИЗИКА

для студентов профессии

35.01.19 Мастер садово-паркового и ландшафтного строительства

2024 г.

Составитель: Волынкина.М.В., преподаватель ГБПОУ «Кунгурский колледж агротехнологий и управления»

Содержание

Пояснительная записка……..……..4
Практическая работа № 1 Перевод величин в систему СИ……..6
Практическая работа № 2 Применение законов Ньютона, расчет сил, действующих на тело….8
Практическая работа № 3 Законы сохранения в динамике…….10
Практическая работа № 4 Уравнение состояние идеального газа……..……15
Практическая работа № 5 Первое начало термодинамики…….18
Практическая работа № 6 КПД тепловых машин…….20
Практическая работа № 7 Определение влажности воздуха……...22
Практическая работа № 8 Поверхностное натяжение жидкости……26
Практическая работа № 9 Закон Ома для участка цепи……..30
Практическая работа № 10 Параллельное и последовательное соединение проводников……..32
Практическая работа № 11 Расчёт КПД теплового нагревателя…….35
Практическая работа № 12 Расчёт силы Ампера……..37
Практическая работа № 13 Явление электромагнитной индукции…….39
Практическая работа № 14 Самоиндукция. Энергия магнитного поля……...41
Практическая работа № 15 Параметры колебательного движения…….43

Пояснительная записка

Методические рекомендации к выполнению практических работ по дисциплине «Физика» предназначены для организации самостоятельной работы студентов первого курса очного отделения по профессии 35.01.19 Мастер садово-паркового и ландшафтного строительства

Согласно учебного плана обязательная аудиторная учебная нагрузка составляет 108 часов, в том числе 30 часов составляют практические занятия. В связи с практической направленностью дисциплины разработано 18 практических работ.

Практические работы позволяют закрепить, систематизировать и определить уровень знаний и умений по следующим темам дисциплины:

- Кинематика.
- Динамика.
- Молекулярно-кинетическая теория.
- Термодинамика.
- Механические колебания.
- Электромагнитные колебания и волны.
- Природа света.
- Волновые свойства света.
- Квантовая оптика.
- Физика атома.
- Физика атомного ядра.

Перед выполнением студентами практической работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, время выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки теста и практического выполнения задания.

Время выполнения практической работы составляет от 45 до 90 минут.

Критерии оценивания при выполнении теста:

% набранных баллов	**Оценка**
91 – 100	5
71 – 90	4
51 – 70	3
0 – 50	2

Критерии оценивания при выполнении практического задания:

- *Оценка «5»* - ставится в том случае, если студент обнаруживает верное понимание сущности рассматриваемых операций, правильно и в полном объеме выполняет задания, заданий и предлагает наиболее рациональное решение.

- *Оценка «4»* - задания выполнены в полном объеме, но допущены незначительные неточности.
- *Оценка «3»* - при выполнении заданий обнаруживаются неточности, выполнено правильно не менее 60% заданий, предлагаемый вариант решения не рационален.
- *Оценка «2»* - учащийся не овладел основными умениями в соответствии с требованиями программы.

В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

Практическая работа № 1

Перевод величин в систему СИ

Задание 1

Перевести в систему СИ следующие величины токов и напряжений:

№ вар	Электрические величины										
1	481 мВ	5,7 кВ	440 В	0,4 кВ	23 мВ	45 мкА	480 А	6,4 кА	40 мА	0,3 кА	0,8 мА
2	57 кВ	4400 В	54 кВ	681 мВ	0,9 кВ	400 мкА	32 кА	3,8 мА	4,5 мА	51 А	3,4 кА
3	4,8 мВ	6,75 кВ	4 В	1,4 кВ	230 мВ	5 мкА	11,8А	35 кА	400мА	1,3 кА	25 мА
4	5,7 кВ	4,4 мВ	54 В	6,1 мВ	12,9 кВ	78 мкА	151кА	0,8 мА	45 мА	5,1 кА	0,4 кА
5	481 мВ	5,7 кВ	440 В	0,4 кВ	23 мВ	45 мкА	480 А	6,4 кА	40 мА	0,3 кА	0,8 мА
6	518 мВ	0,75 кВ	4 кВ	1,45 кВ	2,3 мВ	125 мкА	1,8 кА	35 А	79 мА	135кА	2,5 мА
7	481 В	5,7мВ	1,4кВ	0,5 кВ	105 мВ	4,5 мкА	48 мА	0,1 кА	40 кА	0,3 мА	80мкА
8	481 мВ	5,7 В	40кВ	0,4 кВ	23 мВ	45 мкА	480 А	6,4 кА	40 мА	0,3 кА	0,8 мА
9	5.8 мВ	75 кВ	50кВ	1,5 кВ	789 мВ	725 мкА	0,04 А	35 кА	790мА	935кА	1,5 мА
10	1,8 мВ	254 кВ	0,15В	1,05 кВ	23 мВ	1,5 мкА	18 кА	35мкА	179мА	13 кА	2,5 кА
11	18 мВ	75 кВ	0,2 В	1 кВ	200 мВ	100 мкА	1 кА	3,5 А	790мА	535кА	2,5 мА
12	48 мВ	57 кВ	4 В	0,1 кВ	830 мВ	450 мкА	4,8 кА	2,2 кА	10 мА	3 кА	0,1 мА
13	81 мВ	56,7 кВ	0,1кВ	0,01 кВ	1 мВ	7,1 мкА	48 мА	6,0 кА	100мА	0,9 кА	100мА
14	41 мВ	100 В	40кВ	0,41 кВ	2,3 мВ	4,5 мкА	4,8 А	6,6кА	400мА	0,3 кА	8 мА
15	58 мВ	7,5 кВ	50 В	1,52 кВ	125 мВ	72 мкА	0,01 А	33 кА	190мА	985кА	15 мА
16	18 мВ	25,4 кВ	0,5В	1,05 кВ	74 мВ	15 мкА	1,8 кА	87мкА	17мА	12 кА	25 кА
17	180 мВ	0,75 кВ	2м В	10 кВ	250 мВ	180 мкА	4 кА	3,5 А	590мА	565кА	87 мА
18	0,4 мВ	5,7 кВ	40мВ	0,12 кВ	800 мВ	45 мкА	5,8 кА	22 кА	18 мА	9 кА	1,1 мА
19	8,1 мВ	9,7 кВ	0,3В	0,25 кВ	100 мВ	520 мкА	95 мА	1,5 кА	150мА	0,4 кА	190мА
20	50 мВ	0,8 кВ	20 В	0,3В	20 мВ	250 мкА	2,5 кА	45мкА	14 мА	5А	38мА
21	0,68мВ	30В	12кВ	0,02кВ	750мВ	20А	18 кА	35мкА	590мА	565кА	1,5 мА
22	485 В	5,07мВ	2,4кВ	1,5 кВ	155 мВ	25 мкА	1,04 А	25 кА	90мА	965кА	2,5 мА
23	181 мВ	66,7 кВ	0,1кВ	2,01 кВ	1 В	2,1 мкА	1,8 А	0,6кА	40мА	2,3 кА	59 мА
24	81 мВ	5,7 В	44 кВ	0,4 кВ	3 мВ	0,5 мкА	48 А	2,4 кА	4 мА	2,3 кА	8 мА
25	4 мВ	10 В	0,4кВ	1,41 кВ	0,3 мВ	45 мкА	48 А	2,6кА	40мА	1,3 кА	12 мА

Задание 2

Перевести в систему СИ следующие величины мощностей и сопротивлений:

№ вар	Электрические величины									
1	48 кВт	4,4 Вт	0,4 кВт	23 мОм	45 кОм	48 Ом	6,4 кОм	4 МОм	0,3 кОм	2МОм
2	57 кВт	0.5кВт	0,3 Вт	0,9 Ом	400мОм	3 МОм	0,3кОм	4,5 Ом	51 кОм	4 кОм
3	3,2кОм	6,4 Ом	40мОм	0,3 МОм	2кОм	0,8кОм	4,8 кВт	0,4 Вт	0,4 кВт	0,2Мвт
4	30кОм	0,4 Ом	4МОм	0,3 кОм	2кОм	1МОм	48 кВт	0,4 кВт	320 кВт	0,1Мвт
5	48 кОм	4,8кВт	0,4 Вт	23 МОм	45 Ом	48 кОм	6,9 кОм	1 МОм	300мОм	1кОм
6	98 кВт	0,4 Вт	9,4 кВт	230 мОм	450 кОм	480 Ом	6,43 кОм	9МОм	0,83 кОм	2МОм
7	32кОм	64 Ом	4мОм	0,1 МОм	200кОм	0,5кОм	4,82 кВт	0,44 Вт	0,45 кВт	0,1Мвт
8	45 Ом	48 кОм	6,9кОм	1 МОм	300мОм	1кОм	48 кВт	4,4 Вт	0,4 кВт	23мОм
9	4МОм	0,3кОм	2кОм	0,3 МОм	2кОм	0,8кОм	4,8 кВт	5,4 кВт	3280 кВт	0,1Мвт
10	0,4 Вт	20кОм	45 Ом	32кОм	64 Ом	4мОм	98 кВт	4,45 Вт	0,32 кВт	03Мвт
11	1 МОм	30мОм	1кОм	48 кВт	450 кОм	480 Ом	6,43 кОм	9МОм	0,83 кОм	2МОм

12	0,3 Вт	0,9 Ом	4МОм	3 МОм	0,3кОм	4,5 Ом	51 кОм	4 кОм	400мОм	30кВт
13	45 Ом	48 кОм	6,9кОм	1 МОм	300мОм	1кОм	4,8кВт	0,4 Вт	3 МВт	10 кВт
14	48 кОм	4,4к Вт	0,4 Ом	23 Вт	45 кВт	48 Ом	6,4 кОм	4 МОм	0,3 кОм	2МОм
15	0,3 Вт	0,9 Ом	40мОм	3 МОм	0,3кОм	48 кВт	4,4 Вт	0,4 кВт	0,3 кОм	2МОм
16	40мОм	0,3кОм	2кОм	0,8кОм	2кОм	1МОм	48 кВт	0,4 кВт	320 кВт	0,1Мвт
17	0,8кОм	4,8 кВт	0,4 Вт	0,4 кВт	0,2Мвт	3,2кОм	6,4 Ом	40мОм	0,3 МОм	2кОм
18	0,3 Вт	2кОм	0,8кОм	4,8 кВт	30кОм	0,4 Ом	4МОм	50мОм	2кОм	32 кВт
19	45 кОм	48 Ом	6,4кОм	4 МОм	0,3кОм	2МОм	48 кВт	4,4 Вт	0,4 кВт	23 Ом
20	1МОм	1,3кОм	5Ом	1,3 МОм	5кОм	1,8кОм	4 кВт	1,4 кВт	328 кВт	1,1Мвт
21	0,2 кВт	0,4 Вт	2,4 кВт	2 мОм	4 кОм	4 Ом	2,4 кОм	9 МОм	0,2 кОм	1МОм
22	3 Вт	0,1 Ом	5МОм	1 МОм	5,3кОм	2,5 Ом	20 кОм	9 кОм	457мОм	26кВт
23	8 кОм	2,8кВт	1,4 Вт	93 МОм	5 Ом	33 кОм	6 кОм	3 МОм	320мОм	4кОм
24	4мОм	0,1кОм	4кОм	1,8кОм	5кОм	7МОм	22 кВт	0,7 кВт	120 кВт	0,6Мвт
25	12кОм	54 Ом	7мОм	0,5 МОм	250кОм	1,5кОм	4,8 кВт	0,22 Вт	1,45 кВт	0,2Мвт

Задание 3

Записать сопротивление в кОм и МОм (округление до десятых долей)

№ вар	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
R, Ом	45621589	78459219	45621789	45621789	7854219154	124587912	1542682
№ вар	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
R, Ом	128579,6	78666232	456217,8	17856536	78542191,5	1245879,1	154268256
№ вар	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**
R, Ом	5621589	1845921	6562579	1561789	585321914	12358752	6532682
№ вар	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
R, Ом	62859,6	8262232	25215,8	4734653	1832131,5	324579,1	35426256

Практическая работа № 2

Тема: Применение законов Ньютона, расчет сил, действующих на тело, законы сохранения импульса и энергии

Цель: *применять законы Ньютона, законы сохранения импульса и энергии при решении задач*

Краткая теория:

Первый закон Ньютона. Если на тело не действуют силы или их действие скомпенсировано, то данное тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Свойство тел сохранять свою скорость при отсутствии действия на него других тел называется ***инерцией***. ***Масса*** тела – количественная мера его инертности. В СИ она измеряется в килограммах.

Системы отсчета, в которых выполняется первый закон Ньютона, называются ***инерциальными***. Системы отсчета, движущиеся относительно инерциальных с ускорением, называются ***неинерциальными***.

Сила – количественная мера взаимодействия тел. Сила – векторная величина и измеряется в ньютонах (Н). Сила, которая производит на тело такое же действие, как несколько одновременно действующих сил, называется ***равнодействующей*** этих сил.

Второй закон Ньютона. Ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей сил, приложенных к телу, и обратно пропорционально его массе:

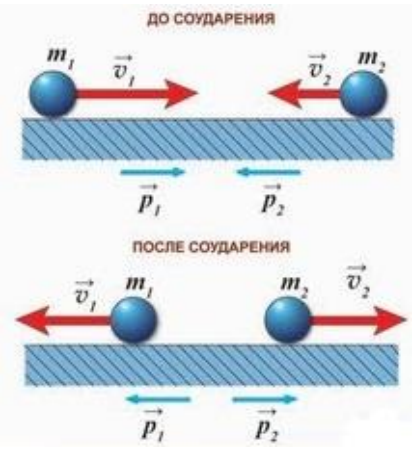
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \qquad \vec{F} = m\vec{a}.$$

или

Если два тела взаимодействуют друг с другом, то ускорения этих тел обратно пропорциональны их массам.

Третий закон Ньютона. Силы, с которыми тела взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны.

Закон сохранения импульса — Векторная сумма импульсов двух тел до взаимодействия равна векторной сумме их импульсов после взаимодействия



$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1^l + m_2 v_2^l$$

$$p_1 + p_2 = p_1^l + p_2^l$$

Докажем закон сохранения импульса.

Возьмем и обозначим массы двух тел m_1и m_2и скорости до взаимодействия $\vec{v}_1\vec{v}_2$, а после взаимодействия (столкновения) $\vec{v}_1'\vec{v}_2'$

По третьему закон Ньютона силы, действующие на тела при их взаимодействии, равны по модулю и противоположны по направлению; поэтому их можно обозначить $\vec{F}_1 - \vec{F}_2$

Для изменений импульсов тел при их взаимодействии на основании Импульса силы можно записать так

Для первого тела:

$$\vec{F}t = m_1\vec{v}_1' - m_1\vec{v}_1$$

Для второго тела:

$$-\vec{F}t = m_1\vec{v}_2' - m_1\vec{v}_2$$

И тогда у нас получается, что закон сохранения импульсов выглядит так:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

Экспериментальные исследования взаимодействий различных тел — от планет и звезд до атомов и элементарных частиц — показали, что в любой системе взаимодействующих между собой тел при отсутствии действия сил со стороны других тел, не входящих в систему, или равны нулю, сумма импульсов тел остается неизменной.

Необходимым условием применимости **закона сохранения импульса** к системе взаимодействующих тел является использование инерциальной системы отсчета

В Формуле мы использовали :

t— Время взаимодействия тел

$p_1 = m_1v_1$— Импульс 1 тела до взаимодействия

$p_2 = m_2v_2$— Импульс 2 тела до взаимодействия

$p_1' = m_1v_1'$— Импульс 1 тела после взаимодействия

$p_2' = m_2v_2'$— Импульс 2 тела после взаимодействия

Вариант 1

1. Автомобиль движется равномерно и прямолинейно со скоростью *v* (рис. 1). Какое направление имеет равнодействующая всех сил, приложенных к автомобилю?

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** $\vec{F}$ □ 0.

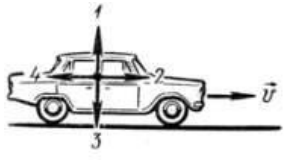


Рис. 1

2. На рисунке 2 представлены направления векторов скорости v и ускорения a мяча. Какое из представленных на рисунке 3 направлений имеет вектор равнодействующей всех сил, приложенных к мячу?

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** 5.

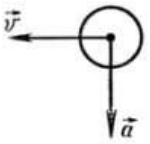


Рис. 2

3. Как будет двигаться тело массой 2 кг под действием силы 4 Н?

А. Равномерно, со скоростью 2 м/с. **Б.** Равноускоренно, с ускорением 2 м/с^2.
В. Равноускоренно, с ускорением 0,5 м/с^2. **Г.** Равномерно, со скоростью 0,5 м/с.
Д. Равноускоренно, с ускорением 8 м/с^2.

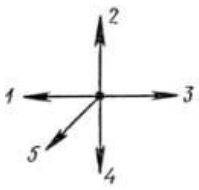


Рис. 3

4. Две силы F_1=3 Н и F_2=4 Н приложены к одной точке тела. Угол между векторами F_1 и F_2 равен 90°. Чему равен модуль равнодействующей этих сил?

А. 7 Н. **Б.** 1 Н. **В.** 5Н. **Г.** Н. **Д.** Среди ответов А—Г нет правильного.

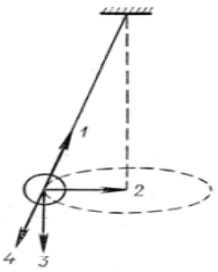


Рис. 4

5. Шар, подвешенный на нити, движется равномерно по окружности в горизонтальной плоскости (рис. 4). Какое направление имеет вектор равнодействующей всех приложенных к нему сил?

А. $\vec{F} \neq 0$. **Б.** 1. **В.** 2. **Г.** 3. **Д.** 4.

6. На рисунке 5 показаны направление и точка приложения вектора силы $\vec{F}_1$, действующей при ударе мяча. На каком из рисунков (рис. 6) правильно показаны направление и точка приложения силы F_2, возникающей при взаимодействии по третьему закону Ньютона?

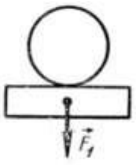


Рис. 5

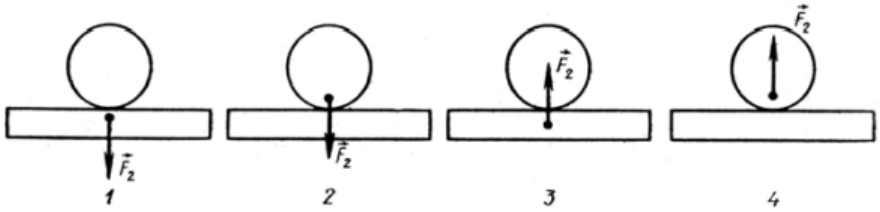


Рис. 6

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Среди рисунков 1—4 нет правильного.

7. У поверхности Земли (т. е. на расстоянии R от ее центра) на тело действует сила всемирного тяготения 36 Н. Чему равна сила тяготения, действующая на это тело на расстоянии $2R$ от центра Земли?

А. 18 Н. **Б.** 12 Н. **В.** 4 Н. **Г.** 9 Н. **Д.** 36 Н.

8. Сила гравитационного взаимодействия между двумя шарами массами m_1=m_2=1 кг на расстоянии R равна F. Чему равна сила гравитационного взаимодействия между щарами массами 2 и 1 кг на таком же расстоянии R друг от друга?

А. F. **Б.** 3 F. **В.** 2 F. **Г.** 4 F. **Д.** 9 F.

9. Под действием силы 2 Н пружина удлинилась на 4 см. Чему равна жесткость пружины?

А. 2 Н/м. **Б.** 0,5 Н/м. **В.** 0,02 Н/м. **Г.** 50 Н/м. **Д.** 0,08 Н/м.

10. Брусок лежит неподвижно на горизонтальной платформе, движущейся

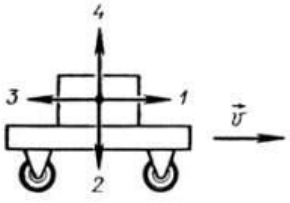


Рис. 7

равномерно и прямолинейно со скоростью v (рис. 7). Какое направление имеет вектор силы трения, действующей на брусок?

А. $F_{тр} = 0$. **Б.** 1. **В.** 2. **Г.** 3. **Д.** 4

11. Как изменится сила трения скольжения при движении бруска по горизонтальной поверхности, если при неизменном значении силы нормального давления площадь соприкасающихся поверхностей увеличить в 2 раза?

А. Не изменится. **Б.** Увеличится в 2 раза. **В.** Уменьшится в 2 раза.

Г. Увеличится в 4 раза. **Д.** Уменьшится в 4 раза.

12. Один кирпич положили на другой и подбросили вертикально вверх. Когда сила давления верхнего кирпича на нижний будет равна нулю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

А. Только во время движения вверх. **Б.** Только во время движения вниз.
В. Только в момент достижения верхней точки. **Г.** Во время всего полета не равна нулю.
Д. Во время всего полета после броска равна нулю.

13. Модуль скорости тела, движущегося прямолинейно, изменялся со временем по закону, представленному графически на рисунке 8. Какой из графиков, приведенных на рисунке 9, выражает зависимость от времени модуля равнодействующей F всех сил, действующих на тело?

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** $F=0$.

14. Какова должна быть начальная скорость $\vec{v}_0$ тела, направленная параллельно поверхности Земли в точке, находящейся за пределами атмосферы, чтобы оно двигалось вокруг Земли по траектории 2 (рис. 10)?

А. $v_0<7{,}9$ км/с. **Б.** $v_0\approx 7{,}9$ км/с. **В.** 7,9 км/с$<v_0<$11,2 км/с.
Г. $v_0\approx 11{,}2$ км/с. **Д.** $v_0>11{,}2$ км/с.

Рис. 8

15. Лифт поднимается с ускорением 1 м/с^2, вектор ускорения направлен вертикально вверх. В лифте находится тело, масса которого 1 кг. Чему равен вес тела? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2.

А. 10 Н. **Б.** 1 Н. **В.** 11 Н. **Г.** 9 Н. **Д.** Среди ответов А—Г нет правильного.

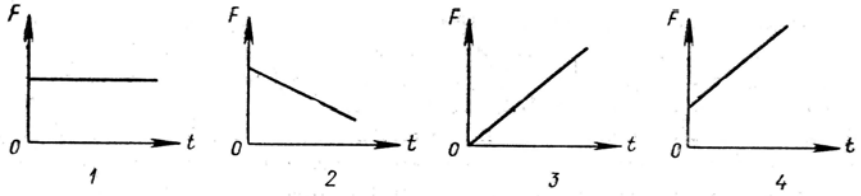


Рис. 9

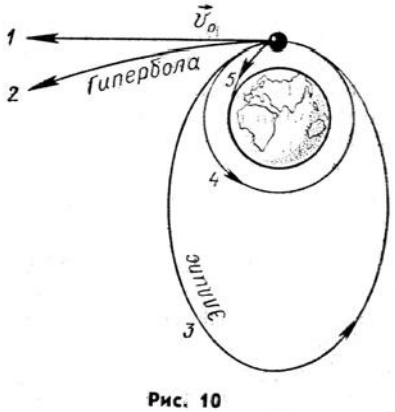


Рис. 10

Вариант 2

1. При движении парашютиста сумма векторов всех сил, действующих на него, равна нулю. Какой из графиков зависимости модуля скорости парашютиста от времени (рис. 1) соответствует этому движению?

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Среди графиков 1—4 такого нет.

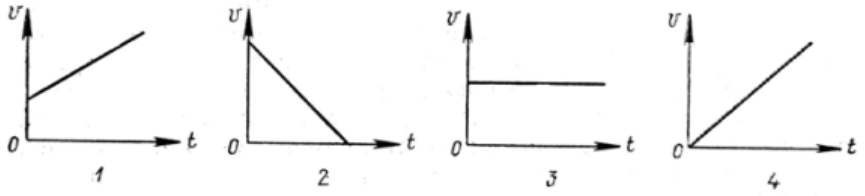


Рис. 1

2. На рисунке 2 представлены направления векторов, скорости v и ускорения a мяча. Какое из представленных на рисунке 3 направлений имеет вектор равнодействующей всех сил, приложенных к мячу?

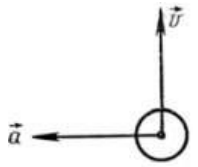


Рис. 2

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** 5.

3. Как будет двигаться тело массой 8 кг под действием силы 4 Н?

А. Равномерно, со скоростью 2 м/с. **Б.** Равноускоренно, с ускорением 2 м/с^2

В. Равноускоренно, с ускорением 0,5 м/с^2. **Г.** Равномерно, со скоростью 0,5 м/с.

Д. Равноускоренно, с ускорением 32 м/с^2.

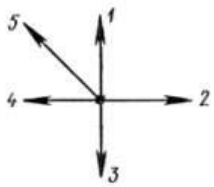


Рис. 3

4. Две силы F_1=2 Н и F_2=4 Н приложены к одной точке тела. Угол между векторами $\vec{F}1$ и $\vec{F}2$ равен 0°. Чему равен модуль равнодействующей этих сил?

А. 6 Н. **Б.** 2 Н. **В.** Н. **Г.** 20 Н. **Д.** Среди ответов А—Г нет правильного.

5. Самолет во время выполнения «мертвой петли» движется равномерно по окружности (рис. 4). Какое направление имеет вектор равнодействующей всех приложенных к нему сил?

А. $\vec{F} \square 0$. **Б.** 1. **В.** 2. **Г.** 3. **Д.** 4.

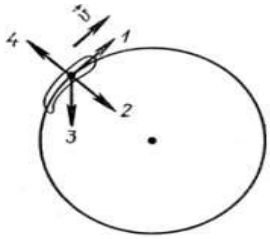


Рис. 4

6. На рисунке 5 показаны направление и точка приложения вектора силы F 1 , с которой Земля

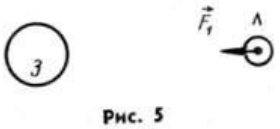


Рис. 5

действует на Луну по закону всемирного тяготения. На каком из рисунков (рис. 6) правильно показаны направление и точка приложения силы $\vec{F}_2$, возникающей при взаимодействии по третьему закону Ньютона?

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Среди рисунков 1—4 нет правильного.

7. У поверхности Земли (т.е. на расстоянии R от ее центра) на тело действует сила всемирного тяготения 36 Н. Чему равна, сила тяготения, действующая на это тело на расстоянии $2R$ от поверхности Земли?

А. 9 Н. **Б.** 12 Н. **В.** 18 Н. **Г.** 36 Н. **Д.** 4 Н.

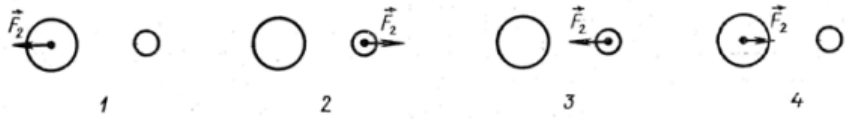


Рис. 6

8. Сила гравитационного взаимодействия между двумя шарами массами $m_1=m_2=1$ кг на расстоянии R равна F. Чему равна сила гравитационного взаимодействия между шарами массами 3 и 4 кг на таком же расстоянии R друг от друга?

А. 7 F. **Б.** 49 F. **В.** 144 F. **Г.** F. **Д.** 12 F.

9. Пружина жесткостью 100 Н/м растягивается силой 20 Н. Чему равно удлинение пружины?

А. 5 см. **Б.** 20 см. **В.** 5 м. **Г.** 0,2 см. **Д.** Среди ответов А — Г нет правильного.

10. Брусок движется равномерно вверх по наклонной плоскости (рис. 7). Какое направление имеет вектор силы трения $\vec{}$?

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** $F_{тр}=0$.

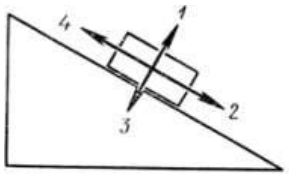


Рис. 7

11. Как изменится сила трения скольжения при движении бруска по горизонтальной поверхности, если силу нормального давления увеличить в 3 раза?

А. Увеличится в 3 раза. **Б.** Уменьшится в 3 раза. **В.** Увеличится в 9 раз.

Г. Уменьшится в 9 раз. **Д.** Не изменится.

12. Космический корабль после выключения ракетных двигателей движется вертикально вверх, достигает верхней точки траектории и: затем движется вниз. На каком участке этой траектории сила давления космонавта на кресло имеет максимальное значение? Сопротивлением воздуха пренебречь.

А. При движении вверх. **Б.** В верхней точке траектории.

В. При движении вниз. **Г.** Во время всего полета сила давления одинакова и не равна нулю.

Д. Во время всего полета сила давления равна нулю.

13. Модуль скорости тела, движущегося прямолинейно, изменялся со временем по закону, график которого представлен на рисунке 8. Какой из графиков, приведенных на рисунке 9, выражает зависимость от времени модуля равнодействующей F всех сил, действовавших на тело?

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** $F=0$.

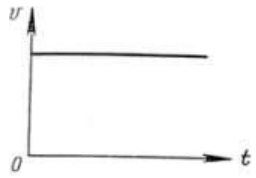


Рис. 8

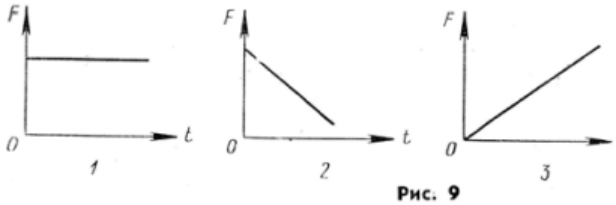


Рис. 9

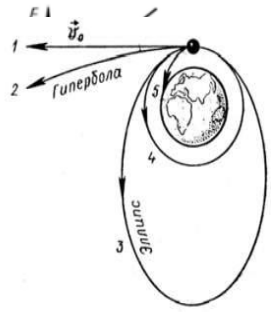


Рис. 10

14. Какова должна быть начальная скорость $\vec{v}_0$ находящейся за пределами атмосферы тела, направленная параллельно поверхности Земли, в точке, двигалось вокруг Земли по траектории 3 (рис. 10).

А. $v_0<7{,}9$ км/с. **Б.** $v_0\approx7{,}9$ км/с. **В.** 7,9 км/с$<v_0<11{,}2$ км/с.
Г. $v_0\approx11{,}2$ км/с. **Д.** $v_0>11{,}2$ км/с.

15. Лифт опускается с ускорением 10 м/с^2 вертикально вниз. В лифте находится тело, масса которого 1 кг. Чему равен вес тела? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2.

А. 0 Н. **Б.** 10 Н. **В.** 20 Н. **Г.** 1 Н. **Д.** Среди ответов А—Г нет правильного.

Практическая работа № 3

Тема: Закон сохранения в динамике

Цели:

- на примере конкретных задач рассмотреть понятия работы, потенциальной кинетической энергии;

- проанализировать границы применимости законов сохранения на конкретных примерах.

Качественные задачи

1. В каком случае расходуется меньше энергии при запуске спутника Земли: при запуске вдоль меридиана или вдоль экватора в сторону вращения Земли?

2. Два одинаковых тела падают с высоты Н: одно в воздухе, другое – в вакууме. Одинаковы ли потенциальные энергии тел в начале падения? Одинаковы ли их кинетические энергии в конце падения?

3. Шофер автомобиля, едущего со скоростью v, внезапно увидел перед собой на расстоянии *a* широкую стену. Что ему выгоднее: затормозить или повернуть?

4. И свинец, и тяжелая вода практически не поглощают нейтроны. Почему же в атомных реакторах для торможения нейтронов тяжелую воду используют, а свинец – нет?

5. Как будут двигаться два одинаковых шарика после центрального упругого удара в отсутствие внешних сил, если один из них до удара покоился?

6. Почему при попадании пули в баллистический маятник нельзя применять закон сохранения механической энергии ко всему процессу в целом?

Примеры решения расчетных задач

Задача 1. Цепочка длиной l лежит на гладком горизонтальном столе, свешиваясь ровно наполовину. Цепочку без толчка отпускают. Найдите скорость цепочки в момент, когда ее верхний конец соскользнет со стола.

Решение:

Поскольку при движении цепочки сила трения отсутствует, то полная механическая энергия системы будет сохраняться. В качестве начального состояния выбираем цепочку в начальный момент времени, конечного – в момент, когда ее верхний конец соскользнет со стола. Будем считать потенциальную энергию цепочки в конечном состоянии равной нулю (рис. 1). Величина потенциальной энергии определяется положением центра массы тела. Поэтому в начальном состоянии полная механическая энергия системы

$$E_1 = \frac{m}{2} g \frac{l}{2} + \frac{m}{2} g \frac{l}{4} = \frac{3}{8} mgl .$$

В конечном состоянии полная механическая энергия $E_2 = \frac{mv^2}{2}$, так как $E_1 = E_2$, то $v = \sqrt{\frac{3gl}{4}}$.

Ответ: $v = \sqrt{\frac{3gl}{4}}$.

Задача 2. Человек массы *m* переходит с одного конца лодки массой *M* на другой. Длина лодки равна l. Найдите перемещение лодки. Сопротивлением воды движению лодки пренебречь.

Решение:

Поскольку система «лодка–человек» является замкнутой, то для решения задачи можно использовать закон сохранения импульса. В качестве тела отсчета выберем Землю. В начальный момент времени импульс системы «лодка–человек» равен нулю, следовательно, он будет таковым и во все последующие моменты времени:

$$m\vec{v}_{\text{ч}} + M\vec{v}_{\text{п}} = 0, \qquad (1)$$

где $\vec{v}_{\text{ч}}$ – скорость человека относительно берега, а $\vec{v}_{\text{п}}$ – скорость лодки.

Согласно закону сложения скоростей $\vec{v}_{\text{ч}} = \vec{v}'_{\text{ч}} + \vec{v}_{\text{п}}$, где $\vec{v}'_{\text{ч}}$ – скорость движения человека относительно лодки. Подставим $\vec{v}_{\text{ч}}$ в (1):

$$m(\vec{v}'_{\text{ч}} + \vec{v}_{\text{п}}) + M\vec{v}_{\text{п}} = 0 .$$

Из последнего выражения

$$\vec{v}_{\text{п}} = -\frac{m}{M+m}\vec{v}'_{\text{ч}} .$$

Обозначим время движения человека через *t*, тогда перемещение лодки относительно берега будет равно

$$\vec{L} = \vec{v}_{п} \cdot t = -\frac{m}{M+m}\vec{v}'_{ч} \cdot t = -\frac{m}{M+m}\vec{l}$$,

где $\vec{l}$ – перемещение человека вдоль лодки.

Ответ: $\vec{L} = \vec{v}_{п} \cdot t = -\frac{m}{M+m}\vec{v}'_{ч} \cdot t = -\frac{m}{M+m}\vec{l}$.

Задачи для самостоятельной работы

1. На тело действуют две силы $\vec{F}_1 = \{3,-1\}$ и $\vec{F}_2 = \{-5,3\}$. Тело переместилось из точки с координатами *(1, 0)* в точку с координатами *(–2, 3)*. Определите работу, совершенную каждой силой. Все величины дать в системе СИ.

Ответ: $A_1 = -12$ Дж. $A_2 = 24$ Дж.

2. Стоящий на льду человек массой *M = 60 кг* ловит мяч массой *m = 0,5 кг*, который летит горизонтально со скоростью $v_1 = 20\,м/с$. На какое расстояние откатится человек с мячом по горизонтальной поверхности льда, если коэффициент трения μ равен 0,03?

Ответ: $S = \left(\frac{mv_1}{m+M}\right)^2 \frac{1}{2\mu g} \approx 4$ *см.*

3. Человек на Земле прыгает на высоту $h_з = 1\,м$. На какую высоту $h_л$, затратив ту же энергию, он прыгнет на Луне? Радиус Луны $R_л = 0.27R_з$, а ее плотность $\rho_л = 0.6\rho_з$.

Ответ: $h_л = \frac{\rho_з R_з}{\rho_л R_л} = 6.17\,м$.

4. Тело массой $m_1 = 1кг$, движущееся со скоростью v, налетает на покоящееся второе тело и после упругого столкновения отскакивает от него под углом $\frac{\pi}{2}$ к первоначальному направлению со скоростью $v_1 = \frac{2}{3}v$. Найдите массу m_2 второго тела.

Ответ: $m_2 = \frac{13}{5}m_1 = 2,6$ кг.

5. Шарик массой *m* соскальзывает по желобу, имеющему на конце горизонтальный участок с высотой *H* = 1,4 м. В конце желоба он сталкивается с таким же шариком, установленным на подставке на высоте *h* = 0,7 м (рис. 5). Считая удар абсолютно упругим, определите дальность полета второго шарика.

Ответ: $S = 2\sqrt{h(H-h)} = 1,4$ *м.*

6. На конце соломинки, лежащей на гладком столе, сидит маленький кузнечик массы *m*. С какой наименьшей скоростью относительно неподвижного наблюдателя должен прыгнуть кузнечик, чтобы попасть на другой конец соломинки? Масса соломинки *M*, ее длина l.

Ответ: $v = \sqrt{\frac{M}{M+m}gl}$.

7. На группу из трех гладких одинаковых кубиков, лежащих на гладкой

горизонтальной поверхности, как показано на рисунке, налетает со скоростью v гладкая шайба (рис. 6). Масса каждого кубика равна массе шайбы. Диаметр шайбы и ее высота равны ребру кубика. Определите скорости всех тел после соударения.

Ответ: после удара шайба останавливается, средний кубик остается неподвижным, крайние кубики будут двигаться со скоростью $v_1 = v\sqrt{2}$ под углом 45° к направлению скорости движения шайбы.

8. Груз массой m_1 падает на плиту массой m_2, укрепленную на пружине жесткостью k. Определите наибольшее сжатие пружины x_{max}, если в момент удара груз обладал скоростью v. Удар неупругий.

Ответ: $x_{max} = \dfrac{g(m_1 + m_2)}{k}$

9. Веревка длины $l = 20м$ переброшена через блок. В начальный момент веревка висит симметрично относительно вертикальной прямой, проходящей через ось блока, и покоится, а затем в результате незначительного толчка начинает двигаться по блоку. Будет ли движение веревки равноускоренным? Какова будет скорость веревки, когда она сойдет с блока? Массой и размерами блока пренебречь.

Ответ: движение веревки не будет равноускоренным. $v = \sqrt{\dfrac{gl}{2}} \approx 10\,м/с$.

10. В пробирке массы *M*, закрытой пробкой массы *m*, находится капля эфира. При нагревании пробирки пробка вылетает под давлением паров эфира. Пробирка подвешена на невесомом жестком стержне длины *L* (рис. 7). С какой минимальной скоростью должна вылететь пробка, чтобы пробирка сделала полный оборот вокруг точки подвеса?

Ответ: $v = \dfrac{2M\sqrt{gL}}{m}$.

Практическая работа № 4

Тема: Уравнение состояния идеального газа

Цель:

– закрепить умения учащихся определять опытным путем параметры состояния газа, проверить знание уравнения состояния газа.

Ответить на вопросы:

1. Что такое идеальный газ?

2. Объясните с помощью модели «идеальный газ», почему газы легко сжимаются, оказывают давление на стенки сосудов любой формы и размера, занимают любой предоставленный объем
3. Чему равен абсолютный нуль по шкале Цельсия?
4. Назовите 3 макроскопических параметра, характеризующих состояние данной массы разреженного газа
5. Что такое температура и что она характеризует?
6. Какие физические величины входят в уравнение Менделеева – Клапейрона?

Практические задачи

Пользуясь уравнением Менделеева – Клапейрона, вычислите, чему равна масса воздуха, заполняющего стакан.

- Какие данные нужны для этого расчета?
- Какие приборы потребуются для выполнения этой работы?

Какова масса воздуха в кабинете физики?

- Какие данные нужны для этого расчета?
- Какие приборы нужны для выполнения этой работы?
- До какой температуры надо нагреть воздух в комнате, чтобы половина массы воздуха вышла через открытую форточку?

Тест		**Тест**	
1 вариант	ответы	***2 вариант***	ответы
1. **Какая из приведенных ниже величин не относится к макроскопическим параметрам?**		1. **Разность температуры тел указывает …**	
1. Давление 2. Масса молекулы 3. Объем 4. Температура		1. … на плотность тел 2. … направление теплообмена между ними 3. … на объем тел	
2. **При какой температуре прекращается движение молекул?**		2. **Чему равна температура по шкале Цельсия, если абсолютная температура равна 300К?**	
1. 273 К 2. -273 К 3. 0° К 4. 0 С		4. -273° С 5. 0°С 6. 27° С 7. 300 К	
III. Подставить недостающие величины в …		3. **Подставить недостающие величины в …**	

1. …t 2. …ν 3. …T		8. … m 9. … ν 10. … M	
4. **Универсальная газовая постоянная - …**		**IV.Степень нагретости тела характеризует …**	
1. … k = 1,38 · 10^{-23} Дж/К 2. …N_A = 6,31 · 10^{23} $моль^{-1}$ 3. … R = 8,31 Дж/(моль·К)		11. … работа 12. … молекула 13. … температура	
V.*Как изменится давление идеального газа при увеличении его объема в 2 раза и при уменьшении абсолютной температуры в 2 раза?		**V.*Как изменится давление идеального газа при увеличении его объема в 4 раза и при уменьшении абсолютной температуры в 2 раза?**	
1. Уменьшится в 4 раза 2. Уменьшится в 2раза 3. Останется неизменным 4. Увеличится в 4 раза		1. Уменьшится в 8 раза 2. Уменьшится в 4 раза 3. Останется неизменным 4. Увеличится в 4 раза	

Практическая работа № 5

Тема. Первый закон термодинамики

Цели:

- *помочь учащимся осмыслить физическое содержание первого закона термодинамики;*
- *рассматривая качественные задачи, показать, что проявления действия первого закона термодинамики имеют место в окружающем мире;*
- *на примере решения конкретных расчетных задач научить учащихся применять первое начало термодинамики к описанию изопроцессов в идеальном газе.*

Качественные задачи

1. Можно ли передать системе некоторое количество теплоты, не вызывая при этом повышения ее температуры?

2. Почему при холостых выстрелах ствол пушки нагревается сильнее, чем при стрельбе снарядами?
3. После сильного шторма вода в море становится теплее. Почему?
4. Один поэт так писал о капле: "Она жила и по стеклу текла, но вдруг ее морозом оковало, и неподвижной льдинкой капля стала, а в мире поубавилось тепла". Вы согласны с поэтом?
5. Мука из жерновов выходит горячей, хлеб вынимают из печи также горячим. Чем вызывается увеличение энергии в каждом из этих случаев?
6. Почему климат островов умереннее и ровнее, чем климат материков?

Примеры решения расчетных задач

Задача 1.

Идеальный газ с показателем адиабаты γ расширили по закону $P = \alpha V$, где α = const. Первоначальный объем газа V_1. В результате расширения объем увеличился в η раз. Найдите приращение внутренней энергии газа.

Решение:

Изменение внутренней энергии идеального газа равно

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1) \qquad (1)$$

Начальное состояние газа подчиняется уравнению

$$P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 \qquad (2)$$

Конечное состояние - соответственно, уравнению

$$P_2 V_2 = \frac{m}{\mu} R T_2 \qquad (3)$$

Принимая во внимание, что $P=\alpha V$ и $V_2=\eta V_1$, уравнения (2) и (3) можно записать в виде

$$\alpha V_1^2 = \frac{m}{\mu} R T_1 \qquad (4)$$

$$\alpha \eta^2 V_1^2 = \frac{m}{\mu} R T_2 \qquad (5)$$

Вычитая из (5) (4), находим

$$T_2 - T_1 = \frac{\alpha V_1^2 (\eta^2 - 1)}{\frac{m}{\mu} R} \qquad (6)$$

Подставляя (6) в (1), получаем

$$\Delta U = \frac{C_V}{R} \alpha V_1^2 (\eta^2 - 1) \qquad (7)$$

Найдем C_V через γ, используя соотношения

$$\frac{C_P}{C_V} = \gamma \qquad (8)$$

и $$C_P = C_V + R \qquad (9)$$

Из (8) и (9) для C_V находим

$$C_V = \frac{R}{\gamma - 1} \qquad (10)$$

Подставляя (10) в (7), получаем

$$\Delta U = \frac{1}{\gamma - 1} \alpha V_1^2 \left(\eta^2 - 1\right) \qquad (11)$$

$$\Delta U = \frac{1}{\gamma - 1} \alpha V_1^2 \left(\eta^2 - 1\right)$$

Ответ: изменение внутренней энергии равно

Очевидно, что $\Delta U = U_2 - U_1 > 0$, то есть внутренняя энергия газа в этом процессе увеличивается.

Задача 2.

Газ, занимающий объем $V_1 = 2$ м^3 при давлении $P_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, совершает круговой процесс, состоящий из нескольких этапов. Сначала газ изохорически охлаждается до температуры, при которой его давление равно $P_2 = 10^5$ Па. Затем он изобарически охлаждается до состояния, из которого возвращается в начальное состояние таким образом, что его давление изменяется с изменением объема по закону $P = \alpha V$ (α - постоянная величина). Нарисуйте график данного кругового процесса на *PV*-диаграмме и найдите совершенную газом работу.

Решение:

Как следует из условия задачи, состояния газа 1 и 3 изображаются точками, лежащими на прямой $P = \alpha V$, проходящей через начало координат (рис. 1). Это означает, что

$P_1 = \alpha V_1$ и $P_3 = \alpha V_3$

С учетом того, что $P_2 = P_3$, получаем

$$V_3 = \frac{P_2 V_1}{P_1} = 0{,}5 \ (\text{м}^3).$$

(м^3).

Работа при круговом процессе численно равна площади фигуры, ограниченной графиком этого процесса, в данном случае - площади треугольника 123.

$$A = \frac{1}{2}(P_1 - P_2)(V_1 - V_3),$$

подставляя V_3, получаем

$$A = \frac{(P_1 - P_2)^2 V_1}{2P_1} = 2{,}25 \cdot 10^5 (\text{Дж}).$$

(Дж).

Ответ: работа в данном круговом процессе равна 2,25 $\cdot 10^5$ Дж.

Задачи для самостоятельной работы

1. Над газом совершают два тепловых процесса, переводя его из одного и того же начального состояния и нагревая до одинаковой конечной температуры (рис. 5). При каком процессе газу сообщается большее количество теплоты?

Ответ: большее количество теплоты подводится в том процессе, где конечный объем газа больше.

2. Один моль идеального газа, находящийся при нормальных условиях, переводят из состояния 1 в состояние 2 двумя способами: 1–>3–>2 и 1–>4–>2 (рис. 6). Найдите отношение количеств теплоты, которые необходимо сообщить 1 молю газа в этих двух процессах.

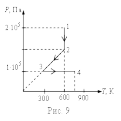
Ответ: $\frac{Q_I}{Q_{II}} = \frac{13}{11}$

3. Некоторое количество одноатомного газа занимает объем $V_1 = 0{,}1$ м^3 при давлении $P_1 = 2 \cdot 10^5$ Па. Если газ переходит из этого состояния в конечное состояние 2 сначала при изобарическом, а затем при изохорическом нагревании, то он совершает работу $A_1 = 4 \cdot 10^4$ Дж. Если же переход осуществляется непосредственно по прямой 1-2, то работа газа $A_2 = 5 \cdot 10^4$ Дж. Найдите давление и объем газа в конечном состоянии 2, а также количества теплоты, полученные газом в обоих случаях (рис. 7).

Ответ: $V=0,3$(м3), $P=3 \cdot 10^5$(Па), $Q_1=5,05 \cdot 10^4$(Дж), $Q_2=6,05 \cdot 10^4$(Дж).

4. Идеальный одноатомный газ, занимавший при давлении $P_1 = 10^5$ Па объем $V_1 = 2$ м^3, расширяется таким образом, что график процесса расширения изображается на PV-диаграмме отрезком прямой (рис. 8). Найдите объем и давление газа в конце расширения, если известно, что газ в этом процессе получил количество теплоты $Q = 3{,}5 \cdot 10^5$ Дж и совершил работу $A = 1{,}1 \cdot 10^5$ Дж.

Ответ: $P_2 = 1{,}2 \cdot 10^5$ Па, $V_2 = 3$ м^2.



5. Четыре моля газа совершают процесс, изображенный на рис. 9. На каком участке работа газа максимальна?

Ответ: работа газа максимальна на участке 3-4.

Практическая работа № 6

Тем:. **КПД тепловых машин**

Цели:

- помочь учащимся сформулировать принципы работы тепловой машины, разобраться в ее принципиальном, с точки зрения физики, устройстве;
- научить вычислять полезную работу, совершенную тепловой машиной за цикл;
- освоить методы расчета к.п.д. тепловых двигателей.

Качественные задачи

1. Восходящий от поверхности земли поток воздуха представляет собой своеобразный тепловой двигатель. Укажите в нем основные части, присущие любому тепловому двигателю.
2. Что является нагревателем и холодильником в ракетном двигателе?
3. Станет ли к.п.д. тепловой машины равным 100 %, если трение в частях машины свести к нулю?
4. Какие пути вы можете указать для повышения к.п.д. тепловых двигателей?
5. Почему в качестве источников энергии затруднительно использовать внутреннюю энергию вод мирового океана и земной атмосферы?

Примеры решения расчетных задач

Задача 1.

Рабочее вещество, внутренняя энергия которого U связана с давлением P и объемом V соотношением $U = kPV$, совершает термодинамический цикл, состоящий из изобары, изохоры и адиабаты (рис. 1). Работа, совершенная веществом во время изобарного процесса, в $m = 5$ раз превышает работу внешних сил по сжатию вещества, совершенную при адиабатическом процессе. К.п.д. цикла η=1/4. Определите k.

Решение:

К.п.д. цикла по определению равен

$$\eta = \frac{A}{Q_1} \qquad (1)$$

Полезная работа, совершенная веществом за цикл

$$A = A_{12} - A_{31} \qquad (2)$$

где A_{12} - работа, совершаемая веществом на изобаре 1–>2, A_{31} - работа, совершенная над рабочим веществом на адиабате 3–>1 ($A_{31} < 0$).

В данном цикле тепло Q_1 подводится к рабочему веществу только на изобарическом участке цикла. Согласно 1-му началу термодинамики

$$Q_1 = \Delta U_{12} + A_{12} \qquad (3)$$

где ΔU_{12} - изменение внутренней энергии рабочего вещества на участке цикла 1–>2.

Используя заданную в условии задачи связь внутренней энергии рабочего вещества с давлением и объемом на изобаре 1–>2, можно записать

$$\Delta U_{12} = kP(V_2 - V_1) = kP\Delta V = kA_{12} \qquad (4)$$

Тогда

$$Q_1 = (k+1)A_{12} \qquad (5)$$

Учитывая, что, согласно условию задачи, $A_{31} = \frac{A_{12}}{m}$, уравнение (2) можно представить в виде

$$A = A_{12} - \frac{A_{12}}{m} = \frac{(m-1)}{m}A_{12} \qquad (6)$$

Подставляя (5) и (6) в (1) и решая относительно k, находим

$$k = \frac{m - 1 - \eta m}{\eta m} = 2{,}2$$

.

Ответ: k=2,2.

Задача 2.

Рабочее вещество тепловой машины совершает цикл Карно между изотермами T и T_1 (T_1>T) (рис. 2). Холодильником является резервуар, температура которого постоянна и равна T_2 = 200 К (T_2<T). Теплообмен между рабочим веществом и холодильником осуществляется посредством теплопроводности. Количество теплоты, отдаваемое в единицу времени холодильнику, $q = \alpha(T-T_2)$, где α = 1кВт/К. Теплообмен рабочего вещества с нагревателем происходит непосредственно при T_1 = 800 К. Полагая, что продолжительность изотермических процессов одинакова, а адиабатических - весьма мала, найдите температуру "холодной" изотермы T, при которой мощность тепловой машины наибольшая. Определите наибольшую мощность тепловой машины.

Решение:

За время τ холодильник получает количество теплоты

$$Q_x = \alpha(T - T_2)\tau \qquad (1)$$

К.п.д. цикла Карно

$$\eta = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} = \frac{T_1 - T}{T_1} \qquad (2)$$

Полезная работа тепловой машины за цикл равна

$$A = Q_H - Q_x = Q_H\left(1 - \frac{T}{T_1}\right) \qquad (3)$$

Преобразуем (3), выразив $Q_н$ через Q_x, используя (2):

$$A = Q_x\left(1 - \frac{T}{T_1}\right)\frac{T_1}{T} \qquad (4)$$

Подставив в (4) Q_x из (1), получаем

$$A = \alpha(T - T_2)\tau\left(\frac{T_1}{T} - 1\right) \qquad (5)$$

Полное время цикла, за которое совершается эта работа, равно 2τ, следовательно, мощность равна

$$N = \frac{A}{2\tau} = \frac{a\tau(T - T_2)\left(\frac{T_1}{T} - 1\right)}{2\tau} = \frac{a}{2}\left(T_1 - \frac{T_2 T_1}{T} - T + T_2\right) \qquad (6)$$

$$N = N_{\max} \text{ при } \frac{dN}{dt} = 0 \text{ и } \frac{d^2N}{dt^2} < 0$$

$$\frac{dN}{dt} = \frac{T_2 T_1}{T^2} - 1 = 0 \qquad (7)$$

Из (7) видно, что $N = N_{\max}$ при $T = \sqrt{T_2 T_1} = 400$ К.

$N_{\max} = \frac{a}{2}\left(T_1 - 2\sqrt{T_1 T_2} + T_2\right) = 100$ кВт.

Ответ: наибольшая мощность машины равна 100 кВт.

Задачи для самостоятельной работы

1. Тепловая машина имеет коэффициент полезного действия (к.п.д.) η = 20 %. Каким станет ее к.п.д., если количество теплоты, потребляемое за цикл, увеличится на 40 %, а количество теплоты, отдаваемое холодильнику, уменьшится на 20 %?

Ответ: к.п.д. машины стал $\eta' \cong 0{,}54$, то есть увеличился, и составляет примерно 54 %.

2. Рассчитайте к.п.д. циклов, представленных на рис. 4.

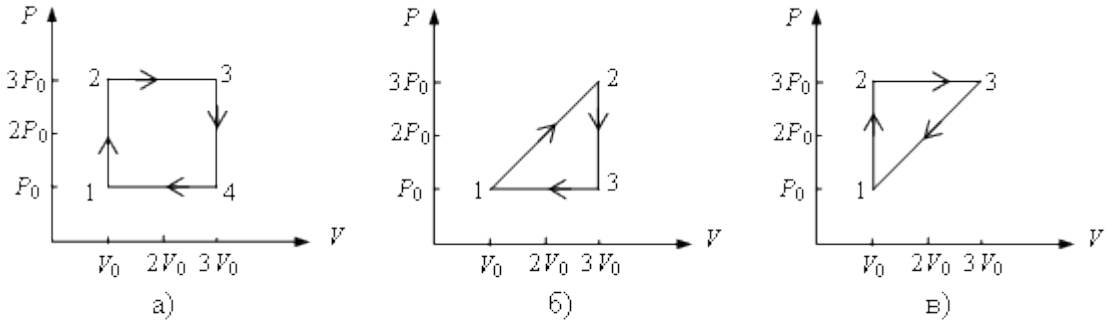


Рис. 4

Ответ:

$$\eta_1 = \frac{(3V_0 - V_0)(3P_0 - P_0)}{12P_0V_0 + 6P_0V_0} = 0{,}22 \qquad \eta_1 = 22\,\%$$

$$\eta_2 = \frac{2P_0V_0}{16P_0V_0} = 0{,}125 \qquad \eta_2 = 12{,}5\,\%$$

$$\eta_3 = \frac{2P_0V_0}{12P_0V_0 + 6P_0V_0} = \frac{2P_0V_0}{18P_0V_0} = \frac{1}{9} = 0{,}11 \qquad \eta_3 = 11\%$$

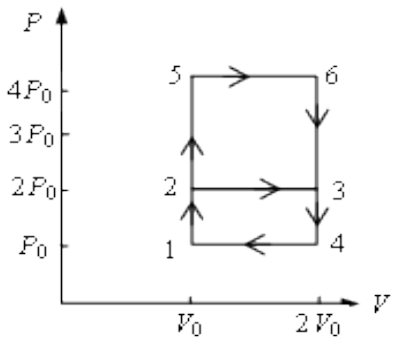


Рис. 5

3. На рис. 5 показаны два замкнутых термодинамических цикла, произведенных с идеальным одноатомным газом 1–>2–>3–>4–>1 и 1–>5–>6–>4–>1. У какого из циклов коэффициент полезного действия выше? Во сколько раз?

Ответ: для второго цикла к.п.д. выше, $\eta_1 = 0{,}74\eta_2$.

4. Найдите к.п.д. цикла, состоящего из двух изохор и двух адиабат (рис. 6). Рабочим веществом является азот. Известно, что в пределах цикла объем газа изменяется в 10 раз, то есть $V_{max} / V_{min} = 10$.

Ответ: к.п.д. цикла равен 60 %.

5. Определите к.п.д. цикла, показанного на рис. 7. Газ идеальный одноатомный. Участки 2–>3 и 4–>5 на чертеже представляют собой дуги окружностей с центрами в точках O_1 и O_2.

Ответ: к.п.д. цикла равен 19 %.

Практическая работа № 7

Тема: *Определение влажности воздуха*

Цель: *применять формулы абсолютной и относительной влажности при решении задач*

Краткая теория:

Для того чтобы количественно оценить влажность воздуха, пользуются понятиями **абсолютной** и **относительной влажности**.

Абсолютная влажность — это количество граммов водяного пара, содержащееся в 1 м^3 воздуха при данных условиях, т. е. это плотность водяного пара ρ, выраженная в г/м^3.

Относительная влажность воздуха φ — это отношение абсолютной влажности воздуха ρ к плотности ρ_0 насыщенного пара при той же температуре. Относительную влажность выражают в процентах:

$$\varphi = (\rho/\rho_0) \cdot 100\ \%$$

Концентрация пара связана с давлением ($p_0 = nkT$), поэтому относительную влажность можно определить как процентное отношение **парциального давления *p*** пара в воздухе к давлению p_0 насыщенного пара при той же температуре:

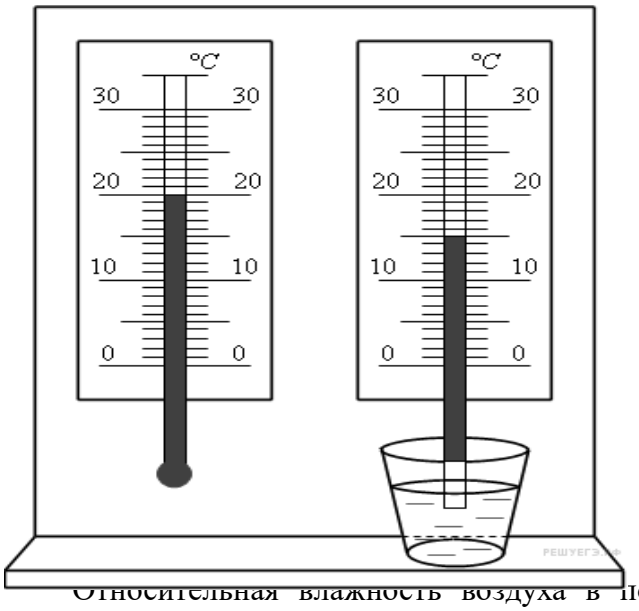
$$\varphi = (p/p_0) \cdot 100\ \%$$

Под **парциальным давлением** понимают давление водяного пара, которое он производил бы, если бы все другие газы в атмосферном воздухе отсутствовали.

Если влажный воздух охлаждать, то при некоторой температуре находящийся в нем пар можно довести до насыщения. При дальнейшем охлаждении водяной пар начнет конденсироваться в виде росы.

1 вариант

1. На рисунке представлены два термометра, используемые для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометрической таблицы, в которой влажность воздуха указана в процентах. Психрометрическая таблица представлена ниже.



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

Относительная влажность воздуха в помещении, в котором проводилась съемка, равна

2. Относительная влажность воздуха равна 42%, парциальное давление пара при температуре равно 980 *Па*. Давление насыщенного пара при заданной температуре равно (ответ округлить до целых)

3.Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 60%. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объём в два раза. Относительная влажность воздуха стала:

4. В сосуде под поршнем находится ненасыщенный пар. Его можно перевести в насыщенный,

1) изобарно повышая температуру 2) добавляя в сосуд другой газ
3) увеличивая объем пара 4) уменьшая объем пара

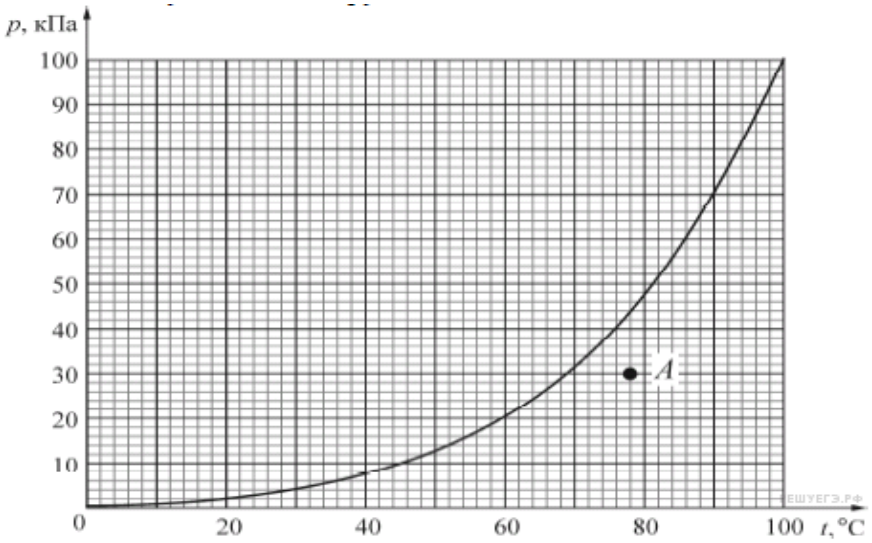
5. Относительная влажность воздуха в комнате равна 40%. Каково соотношение концентрации *n* молекул воды в воздухе комнаты и концентрации $n_{н.п}$. молекул воды в насыщенном водяном паре при той же температуре?

1) n меньше в 2,5 раза 2) n больше в 2,5 раза

3) n меньше на 40% 4) n больше на 40%

6. Какова относительная влажность воздуха при температуре 20С , если точка росы 12С . Давление насыщенного водяного пара при 20С равно 2,33 кПа, а при12С — 1,40 кПа. Ответ выразите в процентах и округлите до целых.

7. На рисунке изображена зависимость давления *p* насыщенного водяного пара от температуры *T*. Точкой *A* на этом графике обозначено состояние пара, находящегося в закрытом сосуде. Чему равна относительная влажность воздуха в этом сосуде? Ответ округлите до целого числа процентов.



8. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде 30 %. Какой будет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза? (Ответ дать в процентах.)

9. Днем при температуре 19 °С относительная влажность воздуха была 70%.Сколько воды в виде росы выделится из каждого кубического метра воздуха, если температура ночью понизилась до 7 °С?

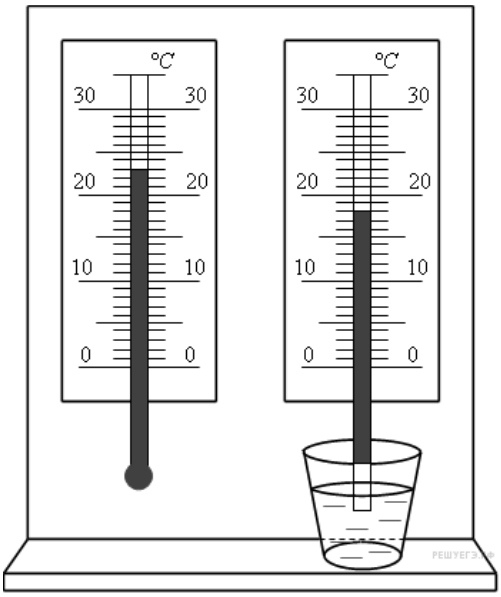
10. Относительная влажность водяного пара в сосуде при температуре 100 °С равна 62%. Какова плотность этого пара? (Ответ дать в кг/м^3, округлив до сотых долей.)

2 вариант

1. На рисунке представлены два термометра, используемые для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометрической таблицы, в которой влажность указана в процентах. Психрометрическая таблица представлена ниже.

	Разность показаний сухого и влажного термометров								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17

12	100	89	78	68	57	48	38	29	20
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44



Какой была относительная влажность воздуха в тот момент, когда проводилась съемка? (Ответ дайте в процентах.)

2. Давление насыщенного пара при температуре 15 °С равно 1,71 кПа. Если относительная влажность воздуха равна 59 % то каково парциальное давление пара при температуре 15 °С? (Ответ дайте в паскалях.)

3. Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 50 %. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объем в 3 раза. Какова стала относительная влажность воздуха? (Ответ дать в процентах.)

4. В сосуде под поршнем находится ненасыщенный пар. Его можно перевести в насыщенный,

1) добавляя в сосуд другой газ 2) уменьшая объем пара
3) увеличивая объем пара 4) изобарно повышая температуру

5. Относительная влажность воздуха в комнате равна 40%. Чему равно отношение — концентрации молекул воды в воздухе комнаты к концентрации молекул воды в насыщенном водяном паре при той же температуре?

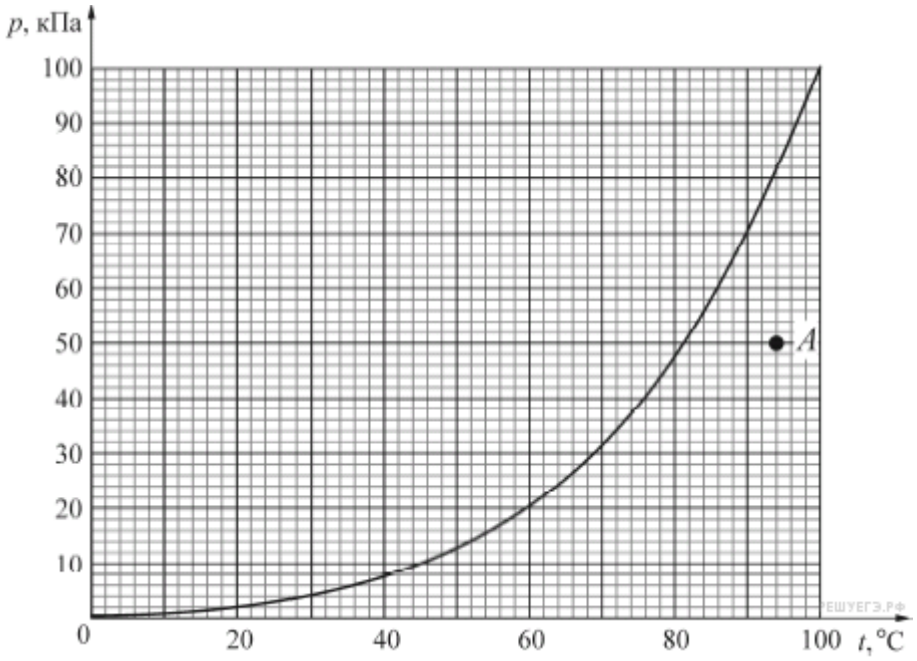
6. Какова относительная влажность воздуха при температуре 19 °С, если точка росы 7 °С? Давление насыщенного водяного пара при 19 °С равно 2,2 кПа, а при 7 °С — 1,00 кПа. Ответ выразите в процентах и округлите до целых.

7. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде 30 %. Какой станет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 1,5 раза? (Ответ дать в процентах.)

8. В комнате при температуре 20 °С относительная влажность воздуха 20%. Сколько нужно испарить воды для увеличения влажности до 50%? Объем комнаты 40 м3.

9. Относительная влажность водяного пара в сосуде при температуре 100 °С равна 81 %. Какова плотность этого пара? Ответ выразите в кг/м3 и округлите до сотых долей.

10. На рисунке изображена зависимость давления *p* насыщенного водяного пара от температуры *T*. Точкой А на этом графике обозначено состояние пара, находящегося в закрытом сосуде. Чему равна относительная влажность воздуха (в процентах) в этом сосуде? Ответ округлите до целого числа.



Практическая работа № 8

Тема: ***Определение поверхностного натяжения жидкости.***

Цели:

1. *развитие познавательных интересов при выполнении экспериментальных исследований;*
2. *формировать умение самостоятельно выполнять опыты, проводить наблюдения и измерения, осуществлять запись, математическую обработку результатов эксперимента, формулировать вывод;*
3. *использовать приобретенные знания для решения практических задач.*

I. Выполнение экспериментальных заданий.

1. Обнаружение силы поверхностного натяжения жидкости.

Оборудование: стакан с водой, кусочек пластилина, петля проволочная.

Порядок выполнения работы:

1. Скатайте из кусочка пластилина шарик диаметром 2-3 мм. Осторожно положите его на поверхность воды при помощи проволочной петли. Рассмотрите форму поверхности воды около шарика.
2. Погрузите шарик в воду. Почему в этом случае шарик тонет?
3. Опустите проволочную петлю в стакан с водой, а затем осторожно выньте ее из воды. В петле образовалась пленка. Осторожно изменяйте площадь поверхности плёнки. Для этого раздвигайте и сближайте концы проволочной петли. Какая сила удерживает воду в петле?

2. Выяснение зависимости силы поверхностного натяжения жидкости от температуры и наличия примесей в жидкости.

Оборудование: стакан с холодной водой, стакан с горячей водой, пробирка с тальком, кусочек мыла, кусочек пластилина, петля проволочная.

Порядок выполнения работы:

1. Скатайте из кусочка пластилина шарик диаметром 2-3 мм. Положите его с помощью проволочной петли сначала на поверхность холодной воды, а затем – горячей.
Сравните результаты опытов и объясните их.

Ответьте на вопросы:

- Зависит ли коэффициент поверхностного натяжения воды от температуры?
- По какому признаку об этом можно судить?

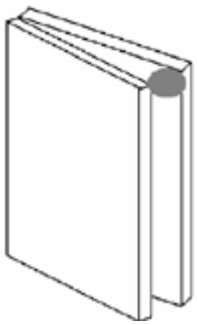
2. Посыпьте тальком поверхность холодной воды в стакане. Для этого закройте отверстие в пробирке кусочком марли и просейте тальк над водой.
3. Коснитесь поверхности воды кусочком мыла, а затем посыпьте сначала сахар, потом соль. Что при этом наблюдается?
Ответьте на вопросы:

- Как изменился коэффициент поверхностного натяжения воды при растворении мыла?
- Как изменился коэффициент поверхностного натяжения воды при растворении сахара?
- Как изменился коэффициент поверхностного натяжения воды при растворении соли?

3. Наблюдение зависимости высоты поднятия жидкости от толщины воздушного клина.

Оборудование: пластинки стеклянные – 2 шт., стакан с водой, кусочек пластилина.

Порядок выполнения работы:



1. Соедините две стеклянные пластины друг с другом так, чтобы между ними образовался воздушный клин (см. рисунок). Для этого между пластинами с края поместите кусочек пластилина.

2. Отпустите пластинки в стакан на глубину 0,5 – 1 см. наблюдайте за поднятием воды между пластинами.

3. Зарисуйте в тетради форму поверхности воды между пластинами.

Ответьте на вопросы:

- Что можно сказать о зависимости высоты поднятия воды от толщины воздушного клина?
- Какая сила поднимает воду между пластинами?

4. Вычисление среднего диаметра капилляра в теле.

Оборудование: стакан с водой, полоска промокательной бумаги, полоска ткани, линейка, таблица «Коэффициент поверхностного натяжения жидкости».

Порядок выполнения работы:

1. На промокательной бумаге и на ткани на расстоянии 0,5 – 1 см от одного из концов сделайте отметку. Одновременно промокательную бумагу и ткань опустите в воду до отметки. Наблюдайте за поднятием воды в обеих полосках.

2. Как только поднятие воды прекратится, выньте обе полоски. В какой полоске диаметр капилляров больше?

3. Выполните необходимые измерения и вычислите средний диаметр капилляров в обеих полосках.

4. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу.

Материал	Высота столба жидкости над отметкой	Диаметр капилляра (в мм)
Промокательная бумага		
Ткань		

5. Сформулируйте вывод.

III. Контрольные вопросы и задания.

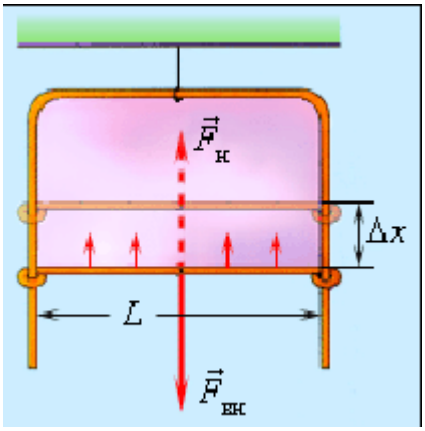


Рис. 1

1 уровень:

1. Почему расплавленный жир плавает на поверхности воды в виде кружков?
2. Почему чернилами нельзя писать на жирной бумаге?
3. Почему мокрое платье становится узко?
4. На каком физическом явлении основано употребление полотенец?

5. С какой силой действует мыльная пленка на проволоку (рис. 1), если длина проволоки 3 см? Какую работу надо совершить, чтобы переместить проволоку на 2 см?
6. На какую высоту поднимется спирт в трубке радиусом 0,5 мм?

2 уровень:

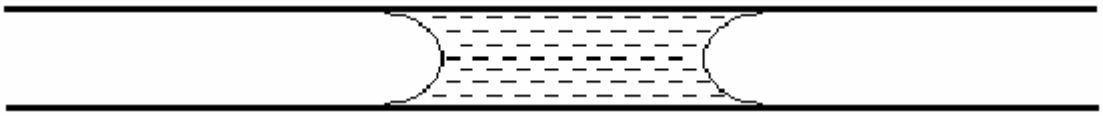


Рис. 2

1. Для получения свинцовой дроби расплавленный свинец сквозь узкие отверстия льют с некоторой высоты. Во время падения свинец принимает форму шариков. Почему?
2. Почему две капельки ртути, приведенные соприкосновение, сливаются в одну?
3. Если на поверхность воды положить нитку и с одной стороны от нее капнуть эфиром, то нитка будет перемещаться. Почему это происходит и в какую сторону она перемещается?
4. Почему бывает трудно налить жидкость в пузырек с узким горлышком?
5. Почему волоски кисточки в воде расходятся, а вынутые из воды слипаются?
6. В тонкой стеклянной трубке, лежащей горизонтально (рис. 2), находится столбик воды. Какое явление будет иметь место, если один конец трубки подогревать?

1. Положите на поверхность воды спичку и коснитесь воды кусочком мыла по одну сторону вблизи спички.

Объяснить наблюдаемое явление. Найти силу, приводящую спичку в движение, если длина спички 4 см.

8. Найти массу воды, поднявшейся по капиллярной трубке диаметром 0,5 мм.

3 уровень

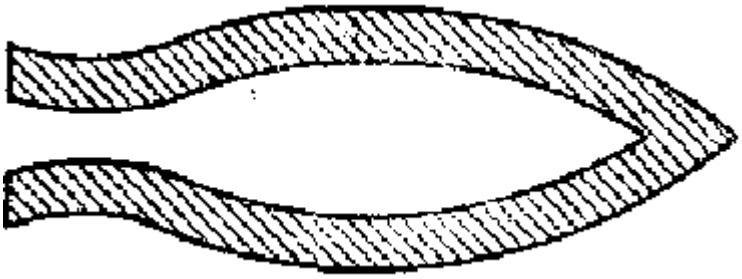


Рис. 3

1. Почему уменьшаются размеры мыльного пузыря, если перестать дуть в трубку, на конце которой держится пузырь?

2. У какой воды больше поверхностное натяжение: у чистой или у мыльной? Почему мыльная вода дает такие прочные пузыри, каких из чистой воды получить нельзя?
3. Бумажная рамка (рис. 3) плавает на поверхности воды. Что произойдет, если внутрь рамки капнуть мыльным раствором?
4. Какую жидкость можно лить в стакан выше краев?
5. Должны ли смазочные материалы смачивать трущиеся металлы?

1. Влияет ли величина диаметра стеклянной трубки барометра на точность его показаний?

7. Из капельницы накапали равные массы сначала холодной воды, затем горячей воды. Как и во сколько раз изменился коэффициент поверхностного натяжения воды, если в первом случае образовалось 40, а во втором 48 капель? Плотность воды считать оба раза одинаковой.
8. В капиллярной трубке радиусом 0,5 мм жидкость поднялась на 11 мм. Найти плотность данной жидкости, если ее коэффициент поверхностного натяжения 22 мН/м.

Коэффициент поверхностного натяжения некоторых веществ при температуре 200 С

Вещество	Поверхностное натяжение 10-3 Н/м
Азотная кислота 70%	59,4
Анилин	42,9
Ацетон	23,7
Бензол	29,0
Вода	72,8
Глицерин	59,4
Нефть	26
Ртуть	465

Серная кислота 85%	57,4
Спирт этиловый	22,8
Уксусная кислота	27,8
Эфир этиловый	16,9
Раствор мыла в воде	40

Практическая работа № 9

Тема: Закон Ома для участка цепи. Расчёт сопротивления проводника

Цель: *применять закон Ома для участка цепи и формулы сопротивления проводника при решении задач, развивать логическое мышление*

Основные формулы:

Сила тока: $I = \frac{q}{t}$.

Плотность тока: $j = \frac{I}{S}$, $j=qnV$.

Закон Ома для однородного участка цепи: $I = \frac{U}{R}.$

Сопротивление проводника: $R = \rho\frac{\ell}{S}.$

Зависимость удельного сопротивления от температуры: $\rho = \rho_o(1 + \alpha t).$

Закон Ома для неоднородного участка цепи: $I = \frac{(\phi_1 - \phi_2) \pm \varepsilon_{12}}{R + r}.$

Сила тока короткого замыкания: $I = \frac{\varepsilon}{r}$.

Закон Ома для замкнутой цепи: $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$.

Работа электрического поля на участке цепи: $A = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t.$

Закон Джоуля-Ленца: $Q = I^2\ Rt.$

Мощность тока: $P=I\cdot U$.

Полная мощность, выделяемая в цепи: $P=I\cdot\varepsilon$.

Первый закон Кирхгофа: $\sum I_i = 0$.

Второй закон Кирхгофа: $\sum I_i R_i = \sum \varepsilon_i$

Вариант 1

1. Определите площадь поперечного сечения и длину никелинового провода, затраченного на изготовление реостата, если при допустимой плотности электрического тока $5{,}0*10^6$ А/м^2 он рассчитан на напряжение 12 В и силу тока 2,0 А.
2. Как измениться сопротивление проводника, если его длину и площадь поперечного сечения увеличить в 2 раза? Дать объяснение.
3. Определите силу тока в контактном проводе трамвайной сети, если за 5 с через поперечное сечение проводника проходит $1{,}55*10^{22}$ свободных электронов.
4. Что такое сопротивление проводника?
5. Определить напряжение в проводнике. Сопротивление 0,5 Ом, сила тока 5А.

Вариант 2

1. Определите температуру накала вольфрамовой нити лампы, если при включении ее в сеть с напряжением 220 В через лампу проходит ток 0,67А.электрическое сопротивление нити накала этой лампы в холодном состоянии при 0^{o}С равно 36 Ом..
2. Как измениться сопротивление проводника, если его длину и площадь поперечного сечения увеличить в 2 раза? Дать объяснение.
3. Определите силу тока в контактном проводе трамвайной сети, если за 5 с через поперечное сечение проводника проходит $1{,}55*10^{22}$ свободных электронов.
4. Что такое сопротивление проводника?
5. Определить напряжение в проводнике. Сопротивление 0,5 Ом, сила тока 5А.

Вариант 3

1. Не разматывая с катушки покрытую изоляцией нихромовую проволоку, определите ее длину, если при включении катушки с напряжением 120 В, в ней возникнет ток 1,2А. сечение проволоки $5{,}5*10^{-7}$м^2.
2. Чему равна сила тока, протекающего по медному проводнику сечением $1{,}0*10^{-6}$м^2, если скорость направленного движения электронов равна $1{,}0*10^{-4}$м/с, а их концентрация составляет $8{,}2*10^{28}$ 1/м^3?
3. Через поперечное сечение проводника за 5 с проходит заряд электричества 30 Кл. определите величину силы тока.
4. Что такое электрический ток?
5. От чего зависит сопротивление проводника?

Вариант 4

1. При температуре 20^{o}С сопротивление обмотки двигателя, выполненной из медной проволоки равно 0,15 Ом. В процессе работы электродвигателя сопротивление обмотки увеличилось до 0,17 Ом. Определите, до какой температуры нагрелась обмотка двигателя.
2. От чего зависит удельное сопротивление проводника?
3. Определите величину заряда прошедшего через поперечное сечение проводника за час. Сила тока постоянная и равна 10А.
4. Что такое явление сверхпроводимости?

5. что такое сопротивление проводника?

Практическая работа № 10

Тема: Расчёт эквивалентного сопротивления разветвлённой цепи.

Цель работы: О*пределить общий ток и токи в ветвях при смешанном соединении приемников электрической энергии. Определить эквивалентное сопротивление. Проверить баланс мощности рассматриваемой цепи.*

Теория:

Неразветвленная электрическая цепь это последовательное соединение приемников электрической энергии.

Последовательным называется такое соединение приемников электрической энергии, при котором по всем элементам протекает один и тот же ток.

$\mathbf{U = U_1 + U_2 + U_3}$

Эквивалентное сопротивление цепи равно сумме сопротивлений последовательно включенных резисторов : $\mathbf{R_{экв} = R_1 + R_2 + R_3}$

Эквивалентным называется такое сопротивление, которое будучи включенным вместо данных резисторов, не изменяет режима работы электрической цепи.

Закон Ома для всей замкнутой цепи имеет вид:

$\mathbf{I = U/ (R_1 + R_2 + R_3)}$ $\mathbf{I = U/R_{экв}}$

$\mathbf{P = P_1 + P_2 + P_3}$ – уравнение баланса мощностей.

Общая мощность равна сумме мощностей последовательно включенных резисторов.

Мощности на последовательно включенных резисторах распределяются прямо пропорционально сопротивлениям резисторов.

Напряжение на последовательно включенных резисторах распределяется прямо пропорционально сопротивлениям резисторов.

Разветвленная электрическая цепь это параллельное соединение приемников электрической энергии.

Параллельным называется такое соединение приемников электрической энергии, при котором на зажимах всех элементов имеется одно и то же напряжение.

$\mathbf{U = U_1 = U_2 = U_3}$

Согласно первого закона Кирхгофа: $\mathbf{I = I_1 + I_2 + I_3}$

Обратная величина эквивалентного сопротивления равна сумме обратных величин сопротивлений резисторов, включенных параллельно: $\mathbf{1/R_{экв} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3}$

Величина обратная сопротивлению является проводимостью.

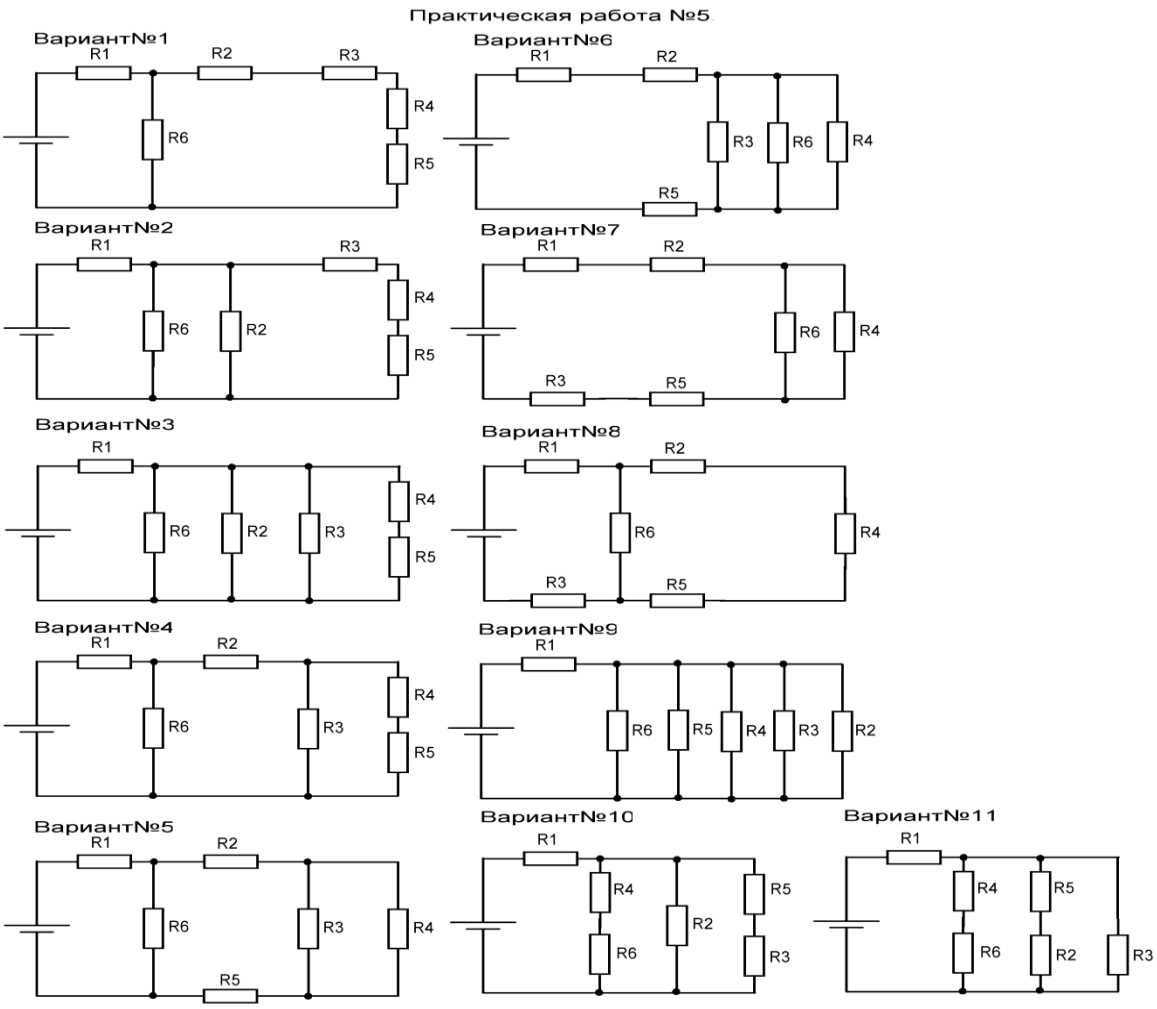
$\mathbf{G_{экв} = 1/R_{экв}}$ $\mathbf{G_{экв} = G_1 + G_2 + G_3}$

Эквивалентное сопротивление двух резисторов, включенных параллельно, определяется по формуле: $\mathbf{R_{экв} = R_1 \cdot R_2 /(R_1 + R_2)}$

Смешанное соединение – это такое соединение, при котором в электрической схеме имеются одновременно участки с последовательно и параллельно включенными элементами. К этим участкам применяются формулы последовательного и параллельного соединения приемников электрической энергии, а данный метод называется методом эквивалентного сопротивления или методом «свертывания».

Задание:

1. В практической работе необходимо определить общий ток и токи в ветвях при смешанном соединении приемников электрической энергии. Определить эквивалентное сопротивление. Проверить баланс мощности рассматриваемой цепи.
2. Начертить принципиальную схему своего варианта.



Практическая работа № 11

Тема: КПД тепловых двигателей

Цели: *помочь учащимся сформулировать принципы работы тепловой машины, разобраться в ее принципиальном, с точки зрения физики, устройстве;*

- научить вычислять полезную работу, совершенную тепловой машиной за цикл;
- освоить методы расчета к.п.д. тепловых двигателей.

Качественные задачи

1. Восходящий от поверхности земли поток воздуха представляет собой своеобразный тепловой двигатель. Укажите в нем основные части, присущие любому тепловому двигателю.
2. Что является нагревателем и холодильником в ракетном двигателе?

3. Станет ли к.п.д. тепловой машины равным 100 %, если трение в частях машины свести к нулю?
4. Какие пути вы можете указать для повышения к.п.д. тепловых двигателей?
5. Почему в качестве источников энергии затруднительно использовать внутреннюю энергию вод мирового океана и земной атмосферы?

Примеры решения расчетных задач

Задача 1.

Рабочее вещество, внутренняя энергия которого U связана с давлением P и объемом V соотношением $U = kPV$, совершает термодинамический цикл, состоящий из изобары, изохоры и адиабаты (рис. 1). Работа, совершенная веществом во время изобарного процесса, в $m = 5$ раз превышает работу внешних сил по сжатию вещества, совершенную при адиабатическом процессе. К.п.д. цикла $\eta=1/4$. Определите k.

Решение:

К.п.д. цикла по определению равен

$$\eta = \frac{A}{Q_1} \qquad (1)$$

Полезная работа, совершенная веществом за цикл

$$A = A_{12} - A_{31} \qquad (2)$$

где A_{12} - работа, совершаемая веществом на изобаре 1–>2, A_{31} - работа, совершенная над рабочим веществом на адиабате 3–>1 ($A_{31} < 0$).

В данном цикле тепло Q_1 подводится к рабочему веществу только на изобарическом участке цикла. Согласно 1-му началу термодинамики

$$Q_1 = \Delta U_{12} + A_{12} \qquad (3)$$

где ΔU_{12} - изменение внутренней энергии рабочего вещества на участке цикла 1–>2.

Используя заданную в условии задачи связь внутренней энергии рабочего вещества с давлением и объемом на изобаре 1–>2, можно записать

$$\Delta U_{12} = kP(V_2 - V_1) = kP\Delta V = kA_{12} \qquad (4)$$

Тогда

$$Q_1 = (k+1)A_{12} \qquad (5)$$

Учитывая, что, согласно условию задачи, $A_{31} = \frac{A_{12}}{m}$, уравнение (2) можно представить в виде

$$A = A_{12} - \frac{A_{12}}{m} = \frac{(m-1)}{m}A_{12} \qquad (6)$$

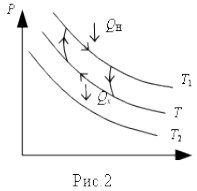


Рис 2

Подставляя (5) и (6) в (1) и решая относительно k, находим

$$k = \frac{m - 1 - \eta m}{\eta m} = 2{,}2$$

.

Ответ: k=2,2.

Задача 2.

Рабочее вещество тепловой машины совершает цикл Карно между изотермами T и T_1 ($T_1>T$) (рис. 2). Холодильником является резервуар, температура которого постоянна и равна T_2 = 200 К ($T_2<T$). Теплообмен между рабочим веществом и холодильником осуществляется посредством теплопроводности. Количество теплоты, отдаваемое в единицу времени холодильнику, $q = \alpha(T-T_2)$, где α = 1кВт/К. Теплообмен рабочего вещества с нагревателем происходит непосредственно при T_1 = 800 К. Полагая, что продолжительность изотермических процессов одинакова, а адиабатических - весьма мала, найдите температуру "холодной" изотермы T, при которой мощность тепловой машины наибольшая. Определите наибольшую мощность тепловой машины.

Решение:

За время τ холодильник получает количество теплоты

$$Q_x = \alpha(T - T_2)\tau \qquad (1)$$

К.п.д. цикла Карно

$$\eta = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} = \frac{T_1 - T}{T_1} \qquad (2)$$

Полезная работа тепловой машины за цикл равна

$$A = Q_H - Q_x = Q_H\left(1 - \frac{T}{T_1}\right) \qquad (3)$$

Преобразуем (3), выразив $Q_н$ через Q_x, используя (2):

$$A = Q_x\left(1 - \frac{T}{T_1}\right)\frac{T_1}{T} \qquad (4)$$

Подставив в (4) Q_x из (1), получаем

$$A = \alpha(T - T_2)\tau\left(\frac{T_1}{T} - 1\right) \qquad (5)$$

Полное время цикла, за которое совершается эта работа, равно 2τ, следовательно, мощность равна

$$N = \frac{A}{2\tau} = \frac{\alpha\tau(T - T_2)\left(\frac{T_1}{T} - 1\right)}{2\tau} = \frac{\alpha}{2}\left(T_1 - \frac{T_2T_1}{T} - T + T_2\right) \qquad (6)$$

$$N = N_{\max} \text{ при } \frac{dN}{dt} = 0 \text{ и } \frac{d^2N}{dt^2} < 0$$

$$\frac{dN}{dt} = \frac{T_2T_1}{T^2} - 1 = 0 \qquad (7)$$

Из (7) видно, что $N = N_{\max}$ при $T = \sqrt{T_2T_1} = 400$ К.

$$N_{\max} = \frac{\alpha}{2}\left(T_1 - 2\sqrt{T_1T_2} + T_2\right) = 100$$ кВт.

Ответ: наибольшая мощность машины равна 100 кВт.

Задачи для самостоятельной работы

1. Тепловая машина имеет коэффициент полезного действия (к.п.д.) η = 20 %. Каким станет ее к.п.д., если количество теплоты, потребляемое за цикл, увеличится на 40 %, а количество теплоты, отдаваемое холодильнику, уменьшится на 20 %?

Ответ: к.п.д. машины стал $\eta' \cong 0{,}54$, то есть увеличился, и составляет примерно 54 %.

2. Рассчитайте к.п.д. циклов, представленных на рис. 4.

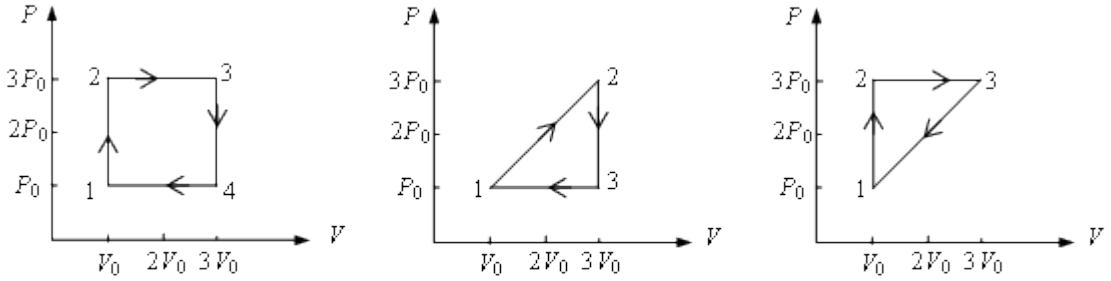


Рис. 4

$$\eta_1 = \frac{(3V_0 - V_0)(3P_0 - P_0)}{12P_0V_0 + 6P_0V_0} = 0{,}22 \qquad \eta_1 = 22\,\%$$

Ответ:

$$\eta_2 = \frac{2P_0V_0}{16P_0V_0} = 0{,}125 \qquad \eta_2 = 12{,}5\,\%$$

$$\eta_3 = \frac{2P_0V_0}{12P_0V_0 + 6P_0V_0} = \frac{2P_0V_0}{18P_0V_0} = \frac{1}{9} = 0{,}11 \quad \eta_3 = 11\%$$

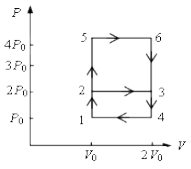


Рис. 5

3. На рис. 5 показаны два замкнутых термодинамических цикла, произведенных с идеальным одноатомным газом 1–>2–>3–>4–>1 и 1–>5–>6–>4–>1. У какого из циклов коэффициент полезного действия выше? Во сколько раз?

Ответ: для второго цикла к.п.д. выше, $\eta_1 = 0{,}74\eta_2$.

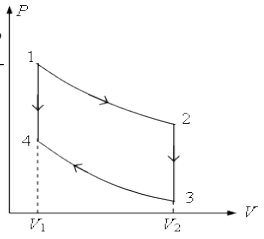


Рис. 6

4. Найдите к.п.д. цикла, состоящего из двух изохор и двух адиабат (рис. 6). Рабочим веществом является азот. Известно, что в пределах цикла объем газа изменяется в 10 раз, то есть $V_{max} / V_{min} = 10$.

Ответ: к.п.д. цикла равен 60 %.

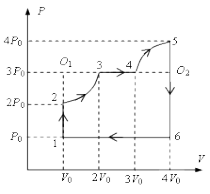


Рис. 7

5. Определите к.п.д. цикла, показанного на рис. 7. Газ идеальный одноатомный. Участки 2–>3 и 4–>5 на чертеже представляют собой дуги окружностей с центрами в точках O_1 и O_2.

Ответ: к.п.д. цикла равен 19 %.

Практическая работа № 12

Тема: Расчёт силы Ампера и магнитной индукции

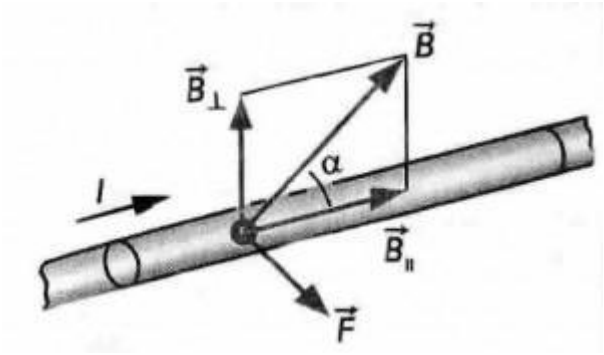
Цель: *научиться применять закон Ампера и формулу силы Лоренца при решении задач.*

Краткая теория:

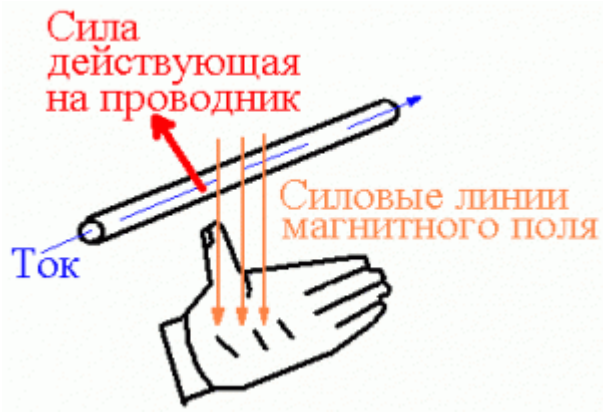
Закон Ампера устанавливает, что на проводник с током, помещенный в однородное магнитное поле, индукция которого B, действует сила, пропорциональная силе тока и индукции магнитного поля:

$F_A = IlB\sin\alpha$

.



Сила Ампера направлена перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы dl и B. Для определения направления силы, действующей на проводник с током, помещенный в магнитное поле, применяется правило левой руки.



Силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля, называют силой Лоренца.

$F_л = qvB\sin\alpha$,

где q – модуль заряда, v – скорость движения заряженной частицы, α – угол между вектором скоростью и вектором магнитной индукции.

Вариант 1.

1. Какая сила действует на протон, движущийся со скоростью 10^6 м/с в магнитном поле с индукцией 0.2 Тл перпендикулярно линиям индукции?

2. Определите модуль силы, действующей на проводник длиной 20 см при силе тока 10 А в магнитном поле с индукцией 0.13 Тл, если угол α между вектором B и проводником равен а) 90°; б) 30°.

3. Определите, с какой силой магнитное поле, созданное током, действует на проводник, если магнитная индукция поля 1.5 Тл, рабочая длина проводника 0.4 м и по нему протекает ток 50 А.

4. Вычислите магнитную индукцию поля, если оно действует на проводник с силой 6 Н. Рабочая длина проводника, помещенного в магнитное поле, составляет 60 см, а ток, протекающий в нем, равен 15 А.

5. Параллельно пластинам плоского конденсатора создано однородное магнитное поле индукцией B = 4 мТл. Между пластинами перпендикулярно направлению магнитного поля и параллельно пластинам движется электрон со скоростью v = 5 000 км/с. Определите напряженность E электрического поля между пластинами.

6. Заряженная частица электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 2 Тл в вакууме со скоростью 10^5 м/с перпендикулярно линиям магнитной индукции. Вычислим силу, действующую на электрон.

7. Проводник с током удерживается в магнитном поле, индукция которого равна 2 Тл, силой 4 Н. Определить длину проводника, если его сопротивление 3 Ом, разность потенциалов на концах составляет 20 В, а направление тока с линиями индукции образует угол, равный 90°.

8. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50 А. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Какую работу совершил источник тока, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно линиям индукции?

Вариант 2.

1. По проводнику длиной 45 см протекает ток силой 20 А. Чему равна индукция магнитного поля, в которое помещен проводник, если на проводник действует сила 9 мН?

2. Сила тока в проводнике 4 А, длина активной части проводника 0.2 м, магнитное поле действует на проводник с силой 0.1 Н. Определите индукцию магнитного поля, если линии индукции поля и ток взаимно перпендикулярны.

3. Индукция магнитного поля, созданная прямолинейным проводником в точке, находящейся на расстоянии 20 см от проводника, равна $2 \cdot 10^{-5}$ Тл. Какой ток проходит по проводнику?

4. С какой силой взаимодействуют два параллельных проводника длиной 1 м каждый, по которым текут токи силой 10 и 40 А в одном направлении, если они находятся в воздухе на расстоянии 0.5 м друг от друга?

5. На проводник длиной 50 см, находящийся в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0.1 Тл, действует сила 0.05 Н. Вычислите угол между направлением силы тока и вектором магнитной индукции, если сила тока равна 2 А.

6. С какой скоростью должен двигаться проводник длиной 20 см в магнитном поле с индукцией $8 \cdot 10^{-2}$ Тл, чтобы в нем возникла ЭДС индукции 40 мВ. Проводник движется под углом 90° к вектору магнитной индукции.

7. Электрон движется в вакууме в однородном магнитном поле с индукцией $5 \cdot 10^{-3}$ Тл. Радиус окружности, по которой он движется, равен 1 см. Определите модуль скорости движения электрона, если она направлена перпендикулярно к линиям индукции.

8. В однородном магнитном поле, индукция которого равна 0.5 Тл, движется равномерно проводник длиной 10 см. По проводнику течет ток в 2 А. Скорость движения проводника 20 см/с и направлена перпендикулярно к направлению магнитного поля. Найти работу перемещения проводника за 10 с движения.

Практическая работа № 13

Тема: Электромагнитная индукция

Цели:

- рассмотреть явление электромагнитной индукции;

- показать на нескольких примерах методы решения задач на использование законов электромагнитной индукции.

Качественные задачи

1. В кольцо из диэлектрика вдвигают магнит. Что при этом происходит с кольцом?

2. В вертикальной плоскости подвешено на нити медное кольцо. Сквозь него в горизонтальном направлении вдвигается один раз стержень, а другой раз магнит (рис. 1). Повлияет ли движение стержня и магнита на положение кольца?

3. После удара молнии иногда обнаруживается повреждение чувствительных электроизмерительных приборов, а также перегорание плавких предохранителей в осветительной сети. Почему?

4. Почему при включении электромагнита в электрическую цепь полная сила тока устанавливается не сразу?

5. Почему отключение от сети мощных электродвигателей производят плавно и медленно при помощи реостатов?

6. Одинаковое ли время потратит магнит на падение внутри узкой медной трубы и рядом с ней? В обоих случаях магнит не касается трубы.

Ответ: в трубе магнит будет падать дольше.

7. Вертикальный проводник перемещают в магнитном поле Земли с запада на восток. Будет ли в нем возбуждаться электродвижущая сила индукции?

Ответ: будет.

8. Изолированное сверхпроводящее кольцо, по которому течет ток, изгибается в две окружности в виде восьмерки и затем складывается вдвое. Как меняется ток в кольце?

9. Два круговых проводника расположены перпендикулярно друг другу, как показано на рис. 2. Будет ли возникать индукционный ток в горизонтальном проводнике при изменении тока в вертикальном проводнике?

Ответ: не будет.

10. Как будут зависеть от времени показания гальванометра, включенного в цепь расположенного горизонтально кругового контура, если вдоль оси этого контура будет падать заряженный шарик?

Примеры решения расчетных задач

Задача 1. Как будут меняться показания амперметра, если соленоид быстро распрямить, потянув его за концы проволоки (рис. 3)?

Решение:

При распрямлении соленоида сцепленный с ним магнитный поток будет уменьшаться, а значит, в цепи возникнет электродвижущая сила индукции, которая, согласно правилу Ленца, будет препятствовать уменьшению магнитного потока. Следовательно, в цепи появится индукционный ток, направленный так же, как ток, создаваемый источником электродвижущей силы, включенным в цепь. Поэтому сила тока в цепи сначала будет возрастать, а спустя некоторое время станет равной первоначальному значению.

Задача 2. Имеются две катушки, расположенные коаксиально. В одной из катушек сила тока I_1, создаваемого внешним источником, изменяется со временем так, как показано на рис. 4. Вторая катушка замкнута накоротко. Изобразите график зависимости силы тока во второй катушке от времени.

Решение:

Для первой катушки индукция магнитного поля, создаваемого током I_1, пропорциональна силе тока $(B \sim I_1)$. Магнитный поток, создаваемый первой катушкой, пронизывает вторую катушку и при его изменении в ней появляется электродвижущая сила индукции, величина которой

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{S\Delta B}{\Delta t} \sim \frac{\Delta I_1}{\Delta t}.$$

Ток во второй катушке, согласно закону Ома для полной цепи, $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R}$, где R - сопротивление второй катушки, то есть

$$I_2 \sim \frac{\Delta I_1}{\Delta t}.$$

Для $t < t_1$ $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ будет постоянной величиной, а для $t > t_2$ - равной нулю. Следовательно, зависимость силы тока I_2 во второй катушке от времени будет иметь вид, представленный на рис. 5.

Задачи для самостоятельной работы

1.Проволочный виток диаметром d = 5 см и сопротивлением R = 0,02 Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией B = 0,3 Тл. Плоскость витка составляет угол α = 40° с линиями индукции. Какой заряд Q протечет по витку при выключении магнитного поля?

Ответ: $Q = B\frac{\pi d^2}{4R}\sin\alpha = 0{,}019$ Кл.

2. Кольцо радиуса r = 50 мм из тонкой проволоки поместили в однородное магнитное поле с индукцией B = 0,5 мТл так, что плоскость его перпендикулярна вектору индукции. Индуктивность кольца L = 0,26 мкГн. Кольцо охладили до сверхпроводящего состояния и выключили магнитное поле. Найдите ток в кольце.

Ответ: $I = \frac{B\pi r^2}{L} = 15{,}104$ А.

3. По двум гладким медным шинам, установленным под углом α к горизонту, скользит под действием силы тяжести медная перемычка массы m (рис. 8). Шины замкнуты на сопротивление R. Расстояние между шинами равно l. Система находится в однородном магнитном поле с индукцией B, перпендикулярном к плоскости, в которой перемещается перемычка. Сопротивления шин, перемычки и скользящих контактов, а также самоиндукция контура пренебрежимо малы. Найдите установившуюся скорость перемычки.

Ответ: $v = \frac{mgR\sin\alpha}{B^2l^2}$.

4. Горизонтально расположенный проводящий стержень, сопротивление которого R и масса m, может скользить без нарушения электрического контакта по двум вертикальным медным шинам. Расстояние между шинами l. Снизу их концы соединены с источником тока, электродвижущая сила которого равна $\mathcal{E}$ (рис. 9). Перпендикулярно плоскости, в которой находятся шины, приложено однородное магнитное поле с индукцией $\vec{B}$. Найдите постоянную скорость, с которой будет подниматься стержень. Сопротивлением шин и источника тока, а также трением пренебречь.

Ответ: $v = \frac{\mathcal{E}}{Bl} - \frac{Rmg}{B^2l^2}$.

5. На горизонтальных проводящих стержнях лежит металлическая перемычка массой $m = 50$ г (рис. 10). Коэффициент трения между рельсами и перемычкой $\mu = 0{,}15$. Стержни замкнуты на резистор сопротивлением $R = 5$ Ом. Система находится в магнитном поле, магнитная индукция которого направлена вертикально вверх, а ее модуль изменяется со временем по закону $B = \alpha t$, где $\alpha = 5$ Тл/с. Определите момент времени, в который перемычка начнет двигаться по стержням. Сопротивлением перемычки и проводящих стержней пренебречь. Геометрические размеры: $l = 1$ м, $h = 0{,}3$ м.

Ответ: $t = \frac{\mu mgR}{\alpha^2 l^2 h} = 5\cdot 10^{-2}$ с.

6. Металлическое кольцо, диаметр которого d и сопротивление R, расположено в однородном магнитном поле так, что плоскость кольца перпендикулярна вектору магнитной индукции $\vec{B}$. Кольцо вытягивают в сложенный вдвое отрезок прямой, при

этом площадь, ограниченная контуром проводника, уменьшается равномерно. Определить заряд q, который пройдет по проводнику.

Ответ: $q = \frac{B\pi d^2}{4R}$.

7. Катушка индуктивностью L = 2 мкГн и сопротивлением R_0 = 1,0 Ом подключена к источнику постоянного тока с электродвижущей силой $\mathcal{E}$ = 3,0 В. Параллельно катушке включен резистор с сопротивлением R = 2,0 Ом (рис. 11). Ключ K первоначально замкнут. После того как в катушке устанавливается постоянный ток, источник тока отключают, размыкая ключ. Определите количество теплоты Q, выделившееся в системе после размыкания ключа. Сопротивление источника тока и соединительных проводов пренебрежительно мало.

Ответ: $Q = \frac{\mathcal{E}^2 RL}{2R_0(R+R_0)} = 6 \cdot 10^{-6}$ Дж.

Практическая работа № 14

Тема: Самоиндукция. Индуктивность

цель: *рассмотреть возникновение самоиндукции, как частный случай явления электромагнитной индукции.*

Теоретическое обоснование

В 1831 г. английский физик Майкл Фарадей доказал, что изменяющееся магнитное поле «рождает» электрический ток. В 1864 г. Джеймс Максвелл его соотечественник пришёл к выводу, что переменное магнитное поле, которое возбуждается изменяющимся током, создаёт в окружающем пространстве электрическое поле, которое возбуждает магнитное поле. Теоретически доказал существование электромагнитных волн с = $3 \cdot 10^8$ м/с.

В 1887 г. экспериментально электромагнитные волны были обнаружены Г. Герцем в Берлинском университете – вибратор Герца. Явление электромагнитной индукции лежит в основе устройства генераторов электростанций, превращающих механическую энергию в электрическую. ЭДС индукции в замкнутом контуре равна скорости изменения магнитного потока, взятой со знаком «минус»: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ Знак «минус» обусловлен Правилом Ленца определяющим направление индукционного тока: магнитное поле индукционного тока в каждый момент времени противодействует изменению магнитного потока, породившего этот ток. Правило Ленца подтверждает ЗСЭ в электромагнитных процессах.

Важный частный случай электромагнитной индукции – **самоиндукция**.

При самоиндукции изменяющееся магнитное поле индуцирует ЭДС в том проводнике, по которому течёт ток, создающий это поле.

ЭДС самоиндукции прямо пропорциональна скорости изменения силы тока в проводнике: $\varepsilon = L\Delta I/\Delta t$ Коэффициент пропорциональности ***L*** называют **индуктивностью**. Индуктивность зависит от размеров и формы проводника, от свойств среды, в которой находится проводник.

Магнитное поле без электрического, так же как электрическое без магнитного, могут существовать только в определённой системе отсчёта.

Они являются проявлением единого целого – электромагнитного поля особой формой материи. Фундаментальное свойство электромагнитного поля- изменяясь во времени, магнитное поле порождает переменное электрическое поле и наоборот.

Основные формулы

$$B = \frac{M_{max}}{IS}$$

B – модуль вектора магнитной индукции, Тл

S - площадь контура, м^2

I - сила тока, А

M_{max} – максимальный момент силы, Н·м

$W_м = \frac{LI^2}{2}$ энергия магнитного поля тока, Дж

Задание 1. Ответить на вопросы:

1. В чём состоит явление электромагнитной индукции?
2. Сформулируйте закон электромагнитной индукции. Запишите его математическое выражение.
3. Сформулируйте правило Ленца. Приведите примеры его применения.
1. Какие токи называют вихревыми (или токи Фуко). Промышленное применение. Тормозящее действие вихревых токов. Гашение колебаний стрелок в измерительных приборах. В Индукционных печах для сильного нагревания или плавления металлов, детекторах металла на входах аэровокзалов, театров. В быту СВЧ- печи. Вред вихревых токов. Потери энергии, на выделение тепла.
   Какое явление называется самоиндукцией? Математическая запись ЭДС самоиндукции, единица измерения.
2. Что такое индуктивность контура? От чего она зависит.
3. Что такое магнитная проницаемость среды, что она характеризует?
4. Как математически записать ЭДС взаимной индукции? Единица измерения
5. От чего зависит коэффициент пропорциональности взаимной индукции контуров?
6. На каком явлении основано действие трансформатора?

Задание 2

Задача1в

Определить индуктивность катушки, если при уменьшении в ней силы тока на 2,8А за 62мс среднее значение ЭДС самоиндукции составляет 14В (0,31Гн)

Задача 2в

Определить индуктивность катушки L, если при изменении в ней силы тока от 2 до 10А за 0.1с в катушке возникает ЭДС самоиндукции 40 В. (0,5Гн)

Задача 3в

Сколько витков провода должна содержать обмотка на стальном сердечнике с поперечным сечением 150 см2, чтобы в ней при изменении магнитной индукции с 0,2 до 2,2 Тл в течение 15 мс возникла ЭДС, равная 200В?

Практическая работа № 15

Тема: Параметры колебательного движения. Свойства волн

Цель работы:

- закрепить умение применять формулы, описывающие колебательное движение при решении задач;
- способствовать развитию умения логического мышления;
- способствовать развитию познавательных способностей, самостоятельности, ответственности.

Задание 1. Повторите основные понятия и формулы

Колебания и волны – раздел физики, изучающий закономерности колебательного движения и распространения волн.

Механическими колебаниями называют движения тел, повторяющиеся точно через одинаковые промежутки времени. Примерами простых колебательных систем могут служить груз на пружине или математический маятник. Для существования в системе гармонических колебаний необходимо, чтобы у нее было положение устойчивого равновесия, то есть такое положение, при выведении из которого на систему начала бы действовать возвращающая сила.

Механические колебания, как и колебательные процессы любой другой физической природы, могут быть свободными и вынужденными. Свободные колебания совершаются под действием внутренних сил системы, после того, как система была выведена из состояния равновесия. Колебания груза на пружине или колебания маятника являются свободными колебаниями. Колебания, происходящие под действием внешних периодически изменяющихся сил, называются вынужденными.

Простейшим видом колебательного процесса являются колебания, происходящие по закону синуса или косинуса, называемые **гармоническими колебаниями**.

Минимальный интервал времени, через который происходит повторение движения тела, называется периодом колебаний T. Если же количество колебаний N, а их время t, то период находится как:

$$T = \frac{t}{N}$$

Физическая величина, обратная периоду колебаний, называется частотой колебаний:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$$

Частота колебаний ν показывает, сколько колебаний совершается за 1 с. Единица частоты – Герц (Гц). Частота колебаний связана с циклической частотой ω и периодом колебаний T соотношениями:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

Следует обратить внимание на то, что:

- физические свойства колебательной системы определяют только собственную частоту колебаний ω0 или период Т.
- Такие параметры процесса колебаний, как амплитуда A = xm и начальная фаза φ0, определяются способом, с помощью которого система была выведена из состояния равновесия в начальный момент времени, т.е. начальными условиями.
- При колебательном движении тело за время, равное периоду, проходит путь, равный 4 амплитудам. При этом тело возвращается в исходную точку, то есть перемещение тела будет равно нулю. Следовательно, путь равный амплитуде тело пройдет за время равное четверти периода.

Чтобы определить, когда в уравнение колебаний подставлять синус, а когда косинус, нужно обратить внимание на следующие факторы:

- Проще всего, если в условии задачи колебания названы синусоидальными или косинусоидальными.
- Если сказано, что тело толкнули из положения равновесия – берем синус с начальной фазой, равной нулю.
- Если сказано, что тело отклонили и отпустили – косинус с начальной фазой, равной нулю.
- Если тело толкнули из отклоненного от положения равновесия состояния, то начальная фаза не равна нолю, а брать можно и синус и косинус.

Математическим маятником называют тело небольших размеров, подвешенное на тонкой, длинной и нерастяжимой нити, масса которой пренебрежимо мала по сравнению с массой тела. Только в случае малых колебаний математический маятник является гармоническим осциллятором, то есть системой, способной совершать гармонические (по закону sin или cos) колебания. Практически такое приближение справедливо для углов порядка 5–10°. Колебания маятника при больших амплитудах не являются гармоническими.

Циклическая частота колебаний математического маятника рассчитывается по формуле:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Период колебаний математического маятника:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Свободные колебания совершаются под действием внутренних сил системы после того, как система была выведена из положения равновесия. Для того, чтобы свободные колебания совершались по гармоническому закону, необходимо, чтобы сила, стремящаяся возвратить тело в положение равновесия, была пропорциональна смещению тела из положения равновесия и направлена в сторону, противоположную смещению. Таким свойством обладает сила упругости.

Таким образом, груз некоторой массы m, прикрепленный к пружине жесткости k, второй конец которой закреплен неподвижно, составляют систему, способную совершать в отсутствие трения свободные гармонические колебания. Груз на пружине называют **пружинным маятником**.

Циклическая частота колебаний пружинного маятника рассчитывается по формуле:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Период колебаний пружинного маятника:

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

При свободных механических колебаниях кинетическая и потенциальная энергии периодически изменяются. При максимальном отклонении тела от положения равновесия его скорость, а, следовательно, и кинетическая энергия обращаются в нуль. В этом положении потенциальная энергия колеблющегося тела достигает максимального значения. Для груза на пружине потенциальная энергия – это энергия упругой деформации пружины. Для математического маятника – это энергия в поле тяготения Земли.

Когда тело при своем движении проходит через положение равновесия, его скорость максимальна. Тело проскакивает положение равновесия по инерции. В этот момент оно обладает максимальной кинетической и минимальной потенциальной энергией (как правило, потенциальную энергию в положении равновесия полагают равной нулю). Увеличение кинетической энергии происходит за счет уменьшения потенциальной энергии. При дальнейшем движении начинает увеличиваться потенциальная энергия за счет убыли кинетической энергии и так далее.

Таким образом, при гармонических колебаниях происходит периодическое превращение кинетической энергии в потенциальную и наоборот. Если в колебательной системе отсутствует трение, то полная механическая энергия при свободных колебаниях остается неизменной. При этом, максимальное значение кинетической энергии при механических гармонических колебаниях задаётся формулой:

$$E_{k\max} = \frac{m\upsilon_{\max}^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2}{2}$$

Максимальное значение потенциальной энергии при механических гармонических колебаниях пружинного маятника:

$$E_{p\max} = \frac{kA^2}{2}$$

Взаимосвязь энергетических характеристик механического колебательного процесса (полная механическая энергия равна максимальным значениям кинетической и потенциальной энергий, а также сумме кинетической и потенциальной энергий в произвольный момент времени):

$$E = E_{k\max} = E_{p\max} = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

Задание 2. Решите количественные задачи.

Задача 1. Точка колеблется с периодом T и частотой ν. За период времени Δt она совершает количество полных колебаний N. Определите значение величин, обозначенных «?».

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T, с	5	?	4	?	0,2	?	2	?	4	?
ν, Гц	?	2	?	0,5	?	2	?	0,125	?	2,5

Δt, с	125	?	132	?	85	?	116	?	148	?
N, число колебаний	?	136	?	62	?	226	?	21	?	325

Задача 2. Точка колеблется с амплитудой Xm, частотой ν, начальная фаза колебаний φ_0. Составьте уравнение колебательного движения. Циклическую частоту и начальную фазу представьте в радианах.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Xm, см	30	25	10	5	15	40	20	30	45	32
ν, Гц	0,5	1	0,25	0,5	1	0,25	0,5	1	0,5	0,25
φ_0, °	30	60	45	90	180	30	60	45	90	180
X(t)	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Задача 3. Пружинный маятник с массой груза m и жесткостью пружины k колеблется с циклической частотой ω_0 и периодом T. Определите значение величин, обозначенных «?».

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k, Н/м	19,7	?	300	?	1,476	?	31,52	?	19,68	?
m, кг	?	5	?	0,4	?	0,05	?	2	?	2,5
ω_0, рад/с	2π	π	10π	π	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{3}$	2π	π	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{3}$
T, с	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Задача 4. Тело массой m колеблется на пружине с амплитудой Xm и максимальной скоростью υ_{max}, максимальным ускорением a_{max}, максимальная кинетическая энергия $E_{к\ max}$ и максимальная потенциальная энергия $E_{п\ max}$. Определите значение величин, обозначенных «?».

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Xm, м	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
ω_0, рад/с	π	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{3}$	π	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
υ_{max}, м/с	3,14	0,628	12,56	31,4	3,14	12,56	6,28	12,56	3,14	3,14
a_{max}, м/с^2	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
m, кг	2	3	4	2	3	5	2	4	5	3
$E_{к\ max}$, Дж	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
$E_{п\ max}$, Дж	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?