

**ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет  
народного хозяйства»**

**Профессиональный колледж**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ДИСЦИПЛИНЕ ФИЗИКА**

**Профессия 29.01.33 Мастер по изготовлению швейных  
изделий**

**Махачкала -2024**

**Составитель** – Салахова Ираида Наримановна, старший преподаватель профессионального колледжа ДГУНХ.

**Внутренний рецензент** – Омаров Руслан Алиевич, директор профессионального колледжа ДГУНХ.

**Внешний рецензент** – Шахруев Рамазан Гаджиевич, старший преподаватель ГБПОУ РД «Профессионально-педагогического колледжа»

*Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Физика» разработаны в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по профессии 29.01.33 Мастер по изготовлению швейных изделий, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 26 сентября 2023 г. № 720, в соответствии с приказом Минпросвещения России 24.08.2022 г., № 762 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам среднего профессионального образования», в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования».*

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Физика» размещены на официальном сайте [www.dgunh.ru](http://www.dgunh.ru).

Салахова И.Н. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Физика» для профессии СПО 29.01.33 Мастер по изготовлению швейных изделий – Махачкала: ДГУНХ 2024. – 67с.

Рекомендованы к утверждению Учебно-методическим советом ДГУНХ 15 января 2024 г.

Рекомендованы к утверждению руководителем образовательной программы СПО – программы подготовки квалифицированных рабочих и служащих по профессии 29.01.33 Мастер по изготовлению швейных изделий, Салахова И.Н.

Одобрены на заседании педагогического совета Профессионального колледжа 10 января 2024 г., протокол № 4.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка.....	4
2. Перечень практических работ.....	7
3. Рекомендации по выполнению практических работ.....	8
Практическая работа № 1 Решение задач по теме: «Основы кинематики»	
Практическая работа № 2 Решение задач по теме: «Основы динамики»	
Практическая работа № 3 Решение задач по теме: «Силы в механике»	
Практическая работа № 4 Решение задач по теме: «Законы сохранения в механике»	
Практическая работа № 5 Решение задач по теме: «Основы МКТ».	
Практическая работа № 6 Решение задач по теме: «Взаимные превращения жидкостей, газов и твердых тел».	
Практическая работа № 7 Решение задач по теме: «Основы термодинамики».	
Практическая работа № 8 Решение задач по теме: «Электростатика».	
Практическая работа № 9 Решение задач по теме: «Законы постоянного тока».	
Практическая работа №10 Решение задач по теме: «Магнитное поле. Электромагнитная индукция».	
Практическая работа № 11 Решение задач по теме: «Механические колебания и волны. Электромагнитные колебания»	
Практическая работа № 12 Решение задач по теме: «Световые волны».	
Практическая работа № 13 Решение задач по теме: «Световые кванты. Физика атомного ядра».	

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В результате освоения дисциплины «Физика», обучающиеся приобретают следующие результаты:

### ***личностные:***

- чувство гордости и уважения к истории и достижениям отечественной физической науки; физически грамотное поведение в профессиональной деятельности и быту при обращении с приборами и устройствами;
- готовность к продолжению образования и повышению квалификации в избранной профессиональной деятельности и объективное осознание роли физических компетенций в этом;
- умение использовать достижения современной физической науки и физических технологий для повышения собственного интеллектуального развития в выбранной профессиональной деятельности;
- умение самостоятельно добывать новые для себя физические знания, используя для этого доступные источники информации;
- умение выстраивать конструктивные взаимоотношения в команде по решению общих задач;
- умение управлять своей познавательной деятельностью, проводить самооценку уровня собственного интеллектуального развития;

### ***метапредметные:***

- использование различных видов познавательной деятельности для решения физических задач, применение основных методов познания (наблюдения, описания, измерения, эксперимента) для изучения различных сторон окружающей действительности;
- использование основных интеллектуальных операций: постановки задачи, формулирования гипотез, анализа и синтеза, сравнения, обобщения, систематизации, выявления причинно-следственных связей, поиска аналогов, формулирования выводов для изучения различных сторон физических объектов, явлений и процессов, с которыми возникает необходимость сталкиваться в профессиональной сфере;
- умение генерировать идеи и определять средства, необходимые для их реализации;
- умение использовать различные источники для получения физической информации, оценивать ее достоверность;
- умение анализировать и представлять информацию в различных видах;
- умение публично представлять результаты собственного исследования, вести дискуссии, доступно и гармонично сочетая содержание и формы представляемой информации;

### ***предметные:***

- сформированность представлений о роли и месте физики в современной научной картине мира; понимание физической сущности наблюдаемых во Вселенной явлений; понимание роли физики в формировании

кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;

- владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенное пользование физической терминологией и символикой;

- владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдение, описание, измерение, эксперимент; умения обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;

- сформированность умения решать физические задачи;

- сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе и для принятия практических решений в повседневной жизни;

- сформированность собственной позиции по отношению к физической информации, получаемой из разных источников;

- сформированность умения исследовать и анализировать разнообразные физические явления и свойства объектов, объяснять принципы работы и характеристики приборов и устройств, объяснять связь основных космических объектов с геофизическими явлениями;

- владение умениями выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, проверять их экспериментальными средствами, формулируя цель исследования;

- владение методами самостоятельного планирования и проведения физических экспериментов, описания и анализа полученной измерительной информации, определения достоверности полученного результата;

- сформированность умений прогнозировать, анализировать и оценивать последствия бытовой и производственной деятельности человека, связанной с физическими процессами, с позиций экологической безопасности.

Выполнение практических работ направлено на обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной учебного предмета; формирование общих компетенций.

Целью практических работ является развитие у обучающихся мышления, выражающегося в умении использовать законы и закономерности для полного объяснения наблюдаемых явлений, а также для разрешения некоторых практических вопросов бытового и технического характера, самостоятельности, умений применять теоретический материал для решения задач различных типов

Практические занятия проводятся в кабинете физики.

Практические занятия включают следующие структурные элементы:

- ✓ инструктаж, проводимый преподавателем,
- ✓ самостоятельная деятельность обучающихся,
- ✓ анализ и оценка выполненных работ.

Выполнению практических работ предшествует домашняя подготовка с использованием соответствующей литературы (учебники, лекции, методические

пособия и указания и др.) и проверка знаний, обучающихся как критерий их теоретической готовности к выполнению задания.

Контроль и оценка результатов выполнения студентами практических работ направлены на проверку усвоения всех элементов содержания курса физики, освоение умений, навыков, определённых программой учебной учебно-методической литературы.

### **Форма контроля выполнения практических работ**

Отчеты по практическим работам оформляются в письменном виде аккуратно (в тетради для практических работ) и должны включать в себя следующие пункты:

- ✓ название практической работы;
- ✓ цель практической работы;
- ✓ выполненные задания своего варианта с указанием ответов.

Оценки за выполнение заданий на практических занятиях выставляются по пятибалльной системе и учитываются как показатели текущей успеваемости обучающихся.

### **Критерии оценивания практических работ по дисциплине «Физика»**

Выполнение при решении задачи	Оценка за решение
Правильно записано условие задачи с учётом размерности величин, самостоятельно преобразованы величины в систему СИ, знание формул, применяемых для расчёта в условиях данной задачи, самостоятельное применение формулы и ее преобразование для вычисления искомой величины, проверена размерность искомой величины, проведены итоговые расчёты, используя данные задачи.	5 (отлично)
Правильно записано условие задачи с учётом размерности величин, самостоятельно преобразованы величины в систему СИ, знание формул, применяемых для расчёта в условиях данной задачи, самостоятельное применение формулы и ее преобразование, для вычисления искомой величины, проверена размерность искомой величины.	4 (хорошо)
Правильно записано условие задачи с учётом размерности величин,	3 (удовлетворительно)

самостоятельно преобразованы величины в систему СИ, знание формул, применяемых для расчёта в условиях данной задачи.	
не владеет основными знаниями, необходимыми для решения задачи, допускает ошибок и недочётов больше, чем нужно для сценки «3».	2 (неудовлетворительно)

**Перечень практических работ по учебной учебному предмету  
«Естествознание (Физика)»**

Название раздела, темы программы	№ работы	Название работы
<b>Раздел 1. МЕХАНИКА</b>		
	ПР №1	Решение задач по теме: «Основы кинематики»
	ПР №2	Решение задач по теме: «Основы динамики»
	ПР №3	Решение задач по теме: «Силы в механике»
	ПР №4	Решение задач по теме: «Законы сохранения в механике»
<b>Раздел 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА</b>	ПР №5	Решение задач по теме: «Основы МКТ».
	ПР №6	Решение задач по теме: «Взаимные превращения жидкостей, газов и твердых тел».
	ПР №7	Решение задач по теме: «Основы термодинамики».
<b>Раздел 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА</b>	ПР №8	Решение задач по теме: «Электростатика».
	ПР №9	Решение задач по теме: «Законы постоянного тока».
	ПР №10	Решение задач по теме: «Магнитное поле. Электромагнитная индукция».
<b>Раздел 4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>	ПР № 11	Решение задач по теме: «Механические колебания и волны. Электромагнитные колебания»
<b>Раздел 5. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА</b>	ПР №12	Решение задач по теме: «Световые волны».
	ПР № 13	Решение задач по теме: «Световые кванты. Физика атомного ядра»

**Практическая работа № 1 Решение задач по теме: «Основы кинематики»**

**Цель:** Научиться применять основные формулы равноускоренного движения при расчете основных кинематических величин для различных случаев равноускоренного движения.

**Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Практическая работа направлена на овладение следующими знаниями и умениями.

В результате изучения раздела студенты должны:

**знать:**

- виды механического движения в зависимости от формы траектории и скорости перемещения тела;
- понятие траектории, пути, перемещения;
- различие классического и релятивистского законов сложения скоростей; относительность понятий длины и промежутков времени.

**уметь:**

- формулировать понятия: механическое движение, скорость и ускорение, система отсчета;
- изображать графически различные виды механических движений;
- решать задачи с использованием формул для равномерного и равноускоренного движений.

**Методические указания к выполнению практической работы для обучающихся**

К выполнению практической работы необходимо подготовиться до начала занятия, используя рекомендованную литературу и конспект лекций.

Студенты обязаны иметь при себе линейку, карандаш, калькулятор, тетрадь.

При подготовке к практической работы, необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы.

**Теоретическая часть**

Наименование	В векторном виде	В проекциях на ось Oх	В скалярном виде
<b>Равномерное прямолинейное движение</b>			
Скорость	$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$	$v_x = \frac{\Delta r_x}{t}$	$v = \frac{s}{t}$
Координата (управление движения)	-	$x = x_0 + v_x t$	-
<b>Равноускоренное прямолинейное движение</b>			



Средняя скорость	$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\langle \Delta \vec{r} \rangle}{t}$	-	-
Мгновенная скорость	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t$	$v_x = v_{0_x} + a_x \cdot t$	$v = v_0 \pm a \cdot t$
Уравнение скорости	-	$v_x = v_{0_x} + a_x \cdot t$	-
Перемещение	$\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}$	$\Delta r_x = v_{0_x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$	$\Delta r = v_0 \cdot t \pm \frac{a \cdot t^2}{2}$
Координата (уравнение движения)	-	$x = x_0 + v_{0_x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$	-
<b>Криволинейное движение</b>			
Линейная скорость	-	-	$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \nu$ $v = \omega R$
Период	-	-	$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu}$
Частота	-	-	$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$
Циклическая частота	-	-	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$
Центростремительно е ускорение	-	-	$a_y = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

## Примеры решения задач

### Пример 1.

Моторная лодка проходит расстояние между А и В за 3 часа, а плот – за 12 часов. Сколько времени затратит моторная лодка на обратный путь?

Дано: $t_1=3$ ч $t_{пл}=12$ ч $t_2=?$	Решение: Введем следующие обозначения: L - расстояние между А и В, $v_p$ - скорость течения реки, $v_l$ - собственная скорость лодки.
--	---

Тогда скорость лодки по течению равна  $(v_p + v_l)$ , против течения -  $(v_p - v_l)$ .

Используя формулу и условие задачи, получим:

$$t_{пл} = \frac{L}{v_p}, \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{L}{v_l + v_p} \quad (2)$$

$$t_2 = \frac{L}{v_x - v_p} \quad (3)$$

Выразим из (1) и (2) L и приравняем правые части полученных выражений:

$$v_p \cdot t_{нл} = t_1(v_x + v_p),$$

$$\frac{v_x + v_p}{v_p} = \frac{t_{нл}}{t_1} = \frac{12}{3} = 4, \text{ или } v_p = \frac{v_x}{3}.$$

Тогда из (3)  $\Rightarrow t_2 = \frac{L}{v_x - \frac{v_x}{3}} = \frac{3L}{2v_x}$ . (4)

Из (1)  $\Rightarrow L = t_{нл} \cdot v_p = t_{нл} \cdot \frac{v_x}{3}$ .

Подставим полученное выражение для L в (4):

$$t_2 = \frac{3}{2v_x} \cdot t_{нл} \cdot \frac{v_x}{3} = \frac{t_{нл}}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ ч.}$$

Ответ:  $t_2 = 6 \text{ ч.}$

### Пример 2.

При равноускоренном движении тело прошло в первые два равных последовательных промежутка времени 3 с путь 18 м и 54 м. Найти начальную скорость и ускорение.

Дано: $t=3 \text{ с}$ $S_1=18 \text{ м}$ $S_2=54 \text{ м}$	Решение: $s_1 = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$ $s_2 = v'_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2)$
--	--

$v_0 - ?$ $a - ?$	где $v_0$ - начальная скорость движения для первого участка пути, $v'_0$ - для второго участка. Так как эти участки являются последовательными, то $v'_0$ является одновременно конечной скоростью для $S_1$ .
----------------------	--

Следовательно  $v'_0 = v_0 + at$ . (3)

Из (2) и (3)  $\Rightarrow s_2 = (v_0 + at)t + \frac{at^2}{2} = v_0 t + at^2 + \frac{at^2}{2}$ .

Вычитая почленно из полученного выражения (1), получаем:

$$s_2 - s_1 = at^2,$$

$$a = \frac{s_2 - s_1}{t^2} = \frac{54 - 18}{3^2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Из (1)  $\Rightarrow v_0 = \frac{s_1}{t} - \frac{at}{2} = \frac{18}{3} - \frac{4 \cdot 3}{2} = 0$

Ответ:  $a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, v_0 = 0$ .

### Пример 3.

В последнюю секунду свободного падения тело прошло пятую часть своего пути. С какой высоты оно упало?

Дано: $t_1=1 \text{ с}$ $s = \frac{H}{5}$	Решение: Для решения задачи введем обозначения: H - высота, с которой падает тело, $t_0$ - время всего полета, $v_0$ - начальная скорость для участка пути, пройденного в последнюю секунду
---	--

Применяем формулу, учитывая, что при свободном падении  $a = g$  и заменяя S на H:

$$H = \frac{gt_0^2}{2}, \quad (1)$$

$$\frac{H}{5} = v_0 t + \frac{gt^2}{2}, \quad (2)$$

где  $t = 1$  с.

Кроме того,  $v_0$  можно выразить как конечную скорость для участка пути, пройденного за время  $(t_0 - t)$ :

$$v_0 = g(t_0 - t).$$

Подставим полученное выражение в (2):

$$\frac{H}{5} = g(t_0 - t). \quad (3)$$

Решая совместно (1) и (3), и учитывая, что  $t = 1$  с, получаем квадратное уравнение  $t_0^2 - 1010t_0 + 5 = 0$ , откуда  $t_{01} = 9,5$  с,  $t_{02} = 0,5$  с.

Условию задачи удовлетворяет только  $t_{01}$ , т.к.  $t_{02} < t$ . Подставим значение  $t_{01}$  в (1):

$$H = \frac{9,8 \cdot (9,5)^2}{2} = 442 \text{ м.}$$

Ответ:  $H = 442$  м.

### Контрольные вопросы для самопроверки

Какое движение называется механическим?

Какое тело можно считать материальной точкой?

Чем различаются понятия «система отсчета» и «система координат»?

Что такое траектория движения?

Что такое вектор перемещения?

Что характеризует скорость движения тела?

Как направлен вектор мгновенной скорости?

Какое движение называют прямолинейным?

Что характеризует ускорение?

Что характеризует тангенциальное и нормальное ускорение? Как они направлены?

Какое прямолинейное движение называют равноускоренным; равнозамедленным?

Дайте определение ускорения свободного падения.

Чем отличается падение тел в воздухе от падения в вакууме?

По какой траектории движется тело, брошенное под углом к горизонту?

Как влияет сила сопротивления воздуха на дальность полета снарядов?

Что такое период движения?

Дайте определение угловой скорости.

Почему равномерное движение по окружности является ускоренным?

Чему равно центростремительное ускорение и куда оно направлено?

Какая связь существует между линейной и угловой скоростями?

### Индивидуальные задания к практической работе №1

#### Вариант №1

1. Тело движется равноускоренно с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ . Начальная скорость равно нулю. Какова скорость тела через  $5$  с после начала движения?

2. Велосипедист движется под уклон с ускорением  $0,1 \text{ м/с}^2$ . Какая скорость будет через 30 с, если его начальная скорость 5 м/с?

3. Тело движется прямолинейно. В начале и в конце движения модуль скорости одинаков. Могло ли тело двигаться с постоянным ускорением?

### Вариант №2

1. С каким ускорением движется трогаящийся с места трамвай, если он набирает скорость 36 км/ч за 25 с?

2. Автомобиль через 10 с приобретает скорость 20 м/с. С каким ускорением двигался автомобиль? Через какое время его скорость станет равной 108 км/ч, если он будет двигаться с тем же ускорением?

3. Поезд движется с ускорением,  $a (a > 0)$ . Известно, что к концу четвертой секунды скорость поезда равно 6 м/с. Что можно сказать о пути, пройденном за четвертую секунду: будет этот путь больше, меньше или равен 6 м?

### Вариант №3

1. Поезд, отходя от станции, набирает скорость 15 м/с за 1 мин. Каково его ускорение?

2. Отъезжая от остановки, автобус за 10 с развил скорость 10 м/с. Определите ускорение автобуса. Каким будет ускорение автобуса в системе отсчета, связанной с равномерно движущимся автомобилем, проезжающим мимо остановки автобуса со скоростью 15 м/с?

3. Два поезда идут навстречу друг другу: один – разгоняется в направлении на север; другой – тормозит в южном направлении. Как направлены ускорения поездов?

### Вариант №4

1. За какое время автомобиль, трогаясь с места с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ , приобретает скорость 20 м/с ?

2. Тело движется равноускоренно. Сколько времени оно будет двигаться в том же направлении, что и в начальный момент, если  $v_{0x} = 20 \text{ м/с}$ ,  $a_x = -4 \text{ м/с}^2$ ?

3. Ось OX направлена вдоль траектории прямолинейного движения тела. Что вы можете сказать о движении, при котором: а)  $v_x < 0$ ,  $a_x > 0$ ; б)  $v_x < 0$ ,  $a_x < 0$ ; в)  $v_x > 0$ ,  $a_x = 0$

### Вариант №5

1. Зависимость скорости от времени при разгоне автобуса задана формулой  $v_x = 0,6t$ . Найти скорость автобуса через 5 с.

2. За 1-ю секунду равноускоренного движения скорость тела увеличилась с 3 м/с до 5 м/с. Каково ускорение тела? Какой станет скорость к концу 3-й секунды?

3. Ось OX направлена вдоль траектории прямолинейного движения тела. Что вы можете сказать о движении, при котором: а)  $v_x > 0$ ,  $a_x > 0$ ; б)  $v_x > 0$ ,  $a_x < 0$ ; в)  $v_x < 0$ ,  $a_x = 0$

### Вариант №6

1. Скорость автомобиля за 10 с уменьшилась 54 км/ч до 36 км/ч. Определите ускорение автомобиля.

2. Тело движется равноускоренно без начальной скорости. Через 7 с после начала движения  $v_x = 6 \text{ м/с}$ . Как найти скорость тела в конце 14-ой секунды после начала движения, не вычисляя ускорения?

3. Нет ли ошибки в следующем описании прямолинейного движения: на первом этапе движения  $v_x > 0$ ,  $a_x = 0$ ; на втором -  $v_x > 0$ ,  $a_x > 0$ ; на третьем -  $v_x < 0$ ,  $a_x > 0$ ; и наконец, на четвертом этапе  $v_x < 0$ ,  $a_x = 0$ ? Обоснуйте свой ответ.

#### **Вариант №7**

1. Какой путь прошел вагон поезда за 15 с, двигаясь с ускорением  $0,3 \text{ м/с}^2$ , если его начальная скорость была  $1 \text{ м/с}$ ?

2. Двигаясь равноускоренно вдоль прямой, за 20 с тело прошло путь 6 м. В процессе движения скорость тела возросла в 5 раз. Определите начальную скорость тела.

3. Самолет затрагивает на разбег 24 с. Рассчитайте длину разбега самолета и скорость в момент отрыва, если на половине длины разбега он имел скорость, равную  $30 \text{ м/с}$ .

#### **Вариант №8**

1. Гору длиной 50 м лыжник прошел за 10 с, двигаясь с ускорением  $0,4 \text{ м/с}^2$ . Чему равна скорость лыжника в начале пути?

2. Шарик, скатываясь по наклонной плоскости из состояния покоя, за первую секунду прошел путь 10 см. Какой путь он пройдет за первые 3 с?

3. Поезд, трогаясь из состояния покоя, движется равноускоренно. На первом километре скорость поезда возросла на  $10 \text{ м/с}$ . На сколько возрастет скорость на втором километре пути?

#### **Вариант №9**

1. Автомобиль начинает движение из состояния покоя с постоянным ускорением. За первые 10 с он проходит путь 150 м. Чему равно ускорение тела автомобиля?

2. Шайба скользит до остановки 5 м, если ей сообщить начальную скорость  $2 \text{ м/с}$ . Какой путь пройдет до остановки шайба, если ей сообщить начальную скорость  $4 \text{ м/с}$ ? Ускорение шайбы постоянно.

3. В течение 6 с тело движется равнозамедленно, причем в начале шестой секунды его скорость  $2 \text{ м/с}$ , а в конце – равна нулю. Какова длина пути, пройденного телом?

#### **Вариант №10**

1. Автомобиль, двигаясь равноускоренно с начальной скоростью  $5 \text{ м/с}$ , прошел за первую секунду путь 6 м. Найдите ускорение автомобиля.

2. В конце уклона лыжник развил скорость  $8 \text{ м/с}$ . Найдите начальную скорость лыжника и ускорение, с которым он двигался, если весь уклон длиной в 100 м он прошел за 20 с.

3. За первую секунду равнозамедленного движения автомобиль прошел половину тормозного пути. Определите полное время торможения.

### **Практическая работа № 2. Решение задач по теме: «Основы динамики»**

**Цель:** Научиться определять равнодействующую сил действующих на тело, ускорение, скорость, используя основные законы динамики.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач

### 3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### Теоретическая часть

Основная задача динамики — определение положения тела в пространстве в любой момент времени, когда известны действующие на тело силы и заданы начальные координаты и скорость тела.

Сила — векторная физическая величина, являющаяся мерой взаимодействия тел. Сила характеризуется числовым значением (модулем), направлением действия и точкой приложения к телу.

При действии на тело нескольких сил их можно заменить равнодействующей силой, представляющей собой векторную сумму этих сил:

$$\vec{F}_p = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n, \quad \text{или} \quad \vec{F}_p = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i.$$

Масса (инертная) — скалярная физическая величина, характеризующая способность тела сохранять постоянную скорость, если тело не взаимодействует с другими телами или действие других тел скомпенсировано. Масса обладает следующими свойствами:

1) масса тела равна сумме масс всех частиц, из которых оно состоит. При соединении двух тел в одно массы этих тел складываются (свойство аддитивности);

2) для данной системы тел справедлив закон сохранения массы: при любых процессах, происходящих в системе тел, ее масса остается неизменной (при  $v \ll c$ )

Масса (гравитационная) — скалярная физическая величина, определяющая силу взаимного притяжения тел и обладающая теми же свойствами, что и инертная масса. Инертная и гравитационная массы характеризуют различные свойства тел, но, как показывает опыт, они всегда эквивалентны (инертная и гравитационная массы одного и того же тела равны).

Основными законами классической динамики являются законы Ньютона. Законы Ньютона следуют из опыта, взаимосвязаны друг с другом, не подчинены друг другу и справедливы только в инерциальных системах отсчета.

Инерциальные системы отсчета (ИСО) — это системы, в которых тело (группы тел), не подверженное действию сил (или действия сил скомпенсированы), находится в покое или движется равномерно и прямолинейно. Система отсчета, движущаяся относительно данной ИСО равномерно и прямолинейно, также является инерциальной. Систему отсчета, связанную с Землей, с большой степенью точности можно считать инерциальной.

Первый закон Ньютона: в инерциальных системах отсчета тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, если на него не действуют другие тела, либо действуют, но это действие скомпенсировано:

$$\vec{F}_p = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{0},$$

значит,  $\vec{a} = \text{const}, \vec{a} = 0$ .

Второй закон Ньютона: ускорение, полученное телом в ИСО, прямо пропорционально равнодействующей приложенных к нему сил, обратно пропорционально массе тела:

$$\vec{a} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{m}$$

Третий закон Ньютона: в ИСО силы взаимодействия между двумя телами имеют одинаковую физическую природу, равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

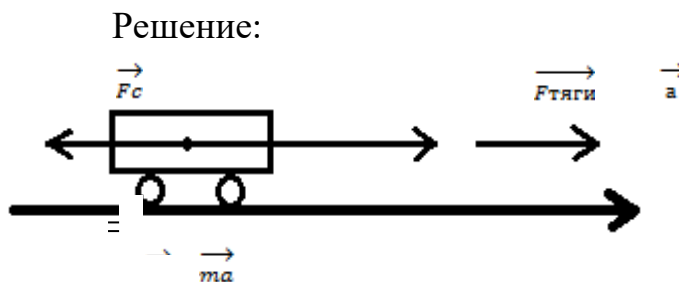
Эти силы приложены к разным телам и поэтому не уравнивают друг друга.

### Примеры решения задач

#### Пример 1.

Какое ускорение сообщит электровоз железнодорожному составу массой 3250т, если при трогании с места он развивает силу тяги 650 кН. Сила сопротивления движению 162,5кН.

Дано:	С.И.
$m=3250\text{т}$	$3250000\text{кг}$
$F_{\text{тяги}}=650\text{кН}$	$650000\text{Н}$
$F_c=162,5\text{кН}$	$162500\text{Н}$
$a=?$	



$$+ F_{\text{тяги}} - F_c = ma$$

$$F_{\text{тяги}} - F_c = ma$$

$$a = (F_{\text{тяги}} - F_c) / m;$$

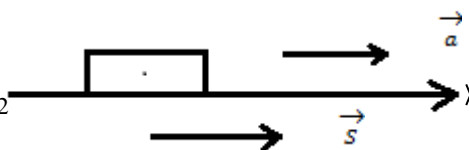
$$a = (650000\text{Н} - 162500\text{Н}) / 3250000\text{кг} = 0,15\text{м/с}^2$$

Ответ:  $a=0,15\text{м/с}^2$

#### Пример № 2.

За время, равное 15с от начала движения, трактор прошел 180м. С каким ускорением двигался трактор, и какой путь он пройдет за время, равное 30с?

Дано:	Решение:
$t=15\text{с}$	$S = at^2/2; S_x=S; a_x=a;$
$v_0=0$	$a=2S/t^2$
$S=180\text{м}$	$a=2 \cdot 180\text{м} / (15\text{с})^2 = 1,6\text{м/с}^2$
$t_1=30\text{с}$	$S_1 = at_1^2/2$
$a=?$	$S_1 = 1,6\text{м/с}^2 \cdot (30\text{с})^2 / 2 = 720\text{м}$



$S_1$ -?

Ответ:  $a=1,6\text{м/с}^2$ ;  $S_1=720\text{м}$

## Индивидуальные задания к практической работе №2

### Вариант №1

1. С каким ускорением движется при разбеге реактивный самолет массой 60 т, если сила тяги двигателей 90 кН?
2. Покоящаяся хоккейная шайба массой 250 г после удара клюшкой, длящегося 0,02 с, скользит по льду со скоростью 30 м/с. Определить среднюю силу удара.
3. Найти начальную скорость тела массой 600 г, если под действием силы 8 Н на расстоянии 120 см, оно достигло скорости 6 м/с, двигаясь прямолинейно.

### Вариант №2

1. Какая сила сообщает телу массой 5 кг ускорение  $4\text{ м/с}^2$ ?
2. Под действием силы 150 Н тело движется прямолинейно так, что его координата изменяется по закону  $x=100+5t+0,5t^2$ . Какова масса тела?
3. Покоящееся тело массой 400 г под действием силы 8 Н приобрело скорость 36 км/ч. Найти путь, который прошло тело.

### Вариант №3

1. Определите силу, под действием которой тело массой 500 г движется с ускорением  $2\text{ м/с}^2$ .
2. Снаряд массой 15 кг при выстреле приобретает скорость 600 м/с. Найдите среднюю силу, с которой пороховые газы давят на снаряд, если длина ствола орудия 1,8 м. Движение снаряда в стволе считайте равноускоренным.
3. Какую скорость приобрело покоящееся тело массой 500 г, если под действием силы 5 Н оно прошло путь в 80 см?

### Вариант №4

1. Определите массу футбольного мяча, если после удара он приобрел ускорение  $500\text{ м/с}^2$ , а сила удара была равна 420 Н.
2. Найдите проекцию силы  $F_x$ , действующей на тело массой 500 кг, если тело движется прямолинейно, и его координата изменяется по закону  $x=20-10t+t^2$ .
3. На тело массой 100 г в течение 2 с действовала сила 5 Н. Определить модуль перемещения, если движение прямолинейное.

### Вариант №5

1. Мяч массой 0,5 кг после удара, длящегося 0,02 с, приобретает скорость 10 м/с. Найти среднюю силу удара.
2. Водитель автомобиля начал тормозить, когда машина находилась на расстоянии 200 м от заправочной станции и двигалась к ней со скоростью 20 м/с. Какова должна быть сила сопротивления движению, чтобы автомобиль массой 1000 кг остановился у станции?



3. Тело массой 400 г, двигаясь прямолинейно с некоторой начальной скоростью, за 5 с под действием силы 0,6 Н приобрело скорость 10 м/с. Найти начальную скорость тела.

### Вариант №6

1. Сила 60 Н сообщает телу ускорение  $0,8 \text{ м/с}^2$ . Какая сила сообщит этому телу ускорение  $2 \text{ м/с}^2$ ?

2. Лыжник массой 60 кг, имеющий в конце спуска с горы скорость 10 м/с, остановился через 40 с после окончания спуска. Определить модуль силы сопротивления движению.

3. Шарик массой 500 г скатывается с наклонной плоскости длиной 80 см, имея начальную скорость 2 м/с. Определить, какую скорость имел шарик в конце наклонной плоскости, если равнодействующая всех сил, действующих на шарик, равна 10 Н.

### Практическая работа № 3. Решение задач по теме: «Силы в механике»

**Цель:** Научиться применять основные формулы для решения задач по определению сил упругости, трения, тяготения.

#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### Теоретический материал

##### Виды сил:

1. *Сила упругости.* Эта сила возникает при деформации тела. Свойство силы упругости  $\vec{F}$  таково, что при небольших деформациях  $\Delta x$ ,  $\vec{F}$  пропорционально  $\Delta x$  и направлена против деформации. Коэффициент пропорциональности к носит название коэффициента жесткости. Таким образом,

$$\vec{F} = -k \Delta \vec{x}$$

*Гравитационная сила.* Известно, что все тела притягиваются друг к другу с силой  $F$  пропорциональной массе каждого тела  $m_1$  и  $m_2$  и обратно пропорциональной квадрату расстояния  $R$  между телами.  $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$ .

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

где  $R_0$  — радиус Земли,  $M$  — масса Земли. Ускорение свободного падения  $g$  не зависит от массы притягиваемого тела, поэтому все тела падают с одинаковым ускорением. На поверхности Земли, где  $N$  равно нулю,  $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ .

3. *Вес тела.* Весом тела  $P$  называют силу, которая давит на опору или растягивает подвес. Эта сила вообще приложена не к телу, а к опоре или подвесу; на тело же действует нормальная реакция опоры или сила натяжения нити. Вес тела может быть равен силе тяжести, а может быть и не равен. Например, если тело лежит на горизонтальной плоскости, то вес тела равен силе тяжести, а если на наклонной, то нет.

4. *Сила трения.* Силой трения  $F_{\text{тр}}$  называют силу, которая препятствует движению, т.е. направлена против скорости, и равна

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр max}} = \mu N.$$

В формуле  $\mu$  – коэффициент трения.

### Примеры решения задач

#### Пример 1.

Чему равна сила упругости пружины, если она растягивается на 25 см, а ее жесткость равна 200 Н/м ?

Дано:  
 $k=200 \text{ Н/м}$   
 $\Delta x=25 \text{ см} =$   
 $0,25 \text{ м}$   


---

 $F = ?$

Решение:

$$F = k \cdot \Delta x$$

$$F = 0,25 \text{ м} \cdot 200 \text{ Н/м} = 50 \text{ Н}$$

Ответ: 50 Н

**Пример 2.** Определите ускорение свободного падения на поверхности Марса, если его масса  $6,43 \cdot 10^{23}$  кг, а радиус  $3,38 \cdot 10^6$  м

Дано:  
 $m = 6,43 \cdot 10^{23} \text{ кг}$   
 $r = 3,38 \cdot 10^6 \text{ м}$   
 $g - ?$

Решение:

1)  $g = (G \cdot m) / r^2$

2)  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$  (постоянная величина)

3)  $g \approx (6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,43 \cdot 10^{23}) / (3,38 \cdot 10^6)^2 \approx \underline{3,75 \text{ м/с}^2}$

**Пример 3.** С каким максимальным ускорением может двигаться достаточно мощный автомобиль, если коэффициент трения скольжения равен 0,3?

Дано:  
 $\mu = 0,3$   


---

 Найти:  
 $a_{\text{max}} = ?$

Решение:

$$m a_{\text{max}} = \mu m g, \quad a_{\text{max}} = \mu g, \quad a_{\text{max}} = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ м/с}^2$$

Ответ:  $a_{\text{max}} = 3 \text{ м/с}^2$

#### Пример 4.

При помощи пружинного динамометра с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$ , направленным вверх, поднимают груз массой 1 кг. Найти удлинение пружины динамометра, если ее жесткость 800 Н/м.

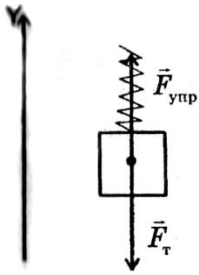
Дано:  
 $a = 3 \text{ м/с}^2$   
 $m = 2 \text{ кг}$   
 $r = 800 \text{ Н/м}$   


---

 $x - ?$

Решение:

Изобразим схему действующих на груз сил, прикладывая их к центру тяжести тела.



Запишем второй закон Ньютона в проекции на ось Y:

$$F_{\text{упр}} - F_m = ma.$$

Учитывая, что  $F_{\text{упр}} = kx$  и  $F_m = mg$ , получаем  $kx - mg = ma$

Выразим  $x$ :  $x = \frac{m(g+a)}{k}$ .

Подставляем численные значения:

$$x = \frac{2(9,8 + 3)}{800} = 0,032\text{ м} = 3,2\text{ см}$$

Ответ:  $x = 3,2$  см.

### Индивидуальные задания к практической работе № 3

#### Вариант 1

1. К пружине длиной 10 см, жесткость которой 500Н/м, подвесили груз массой 2 кг. Какой стала длина пружины?
2. Конькобежец массой 70 кг скользит по льду. Какова сила трения, действующая на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,02?
3. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 10 см друг от друга и притягиваются с силой  $6,67 \cdot 10^{-15}$  Н. Какова масса каждого шарика?

#### Вариант 2

1. При помощи динамометра ученик перемещал деревянный брусок массой 200 г по горизонтально расположенной доске. Каков коэффициент трения, если динамометр показывал 0,6 Н?
2. Вычислить ускорение свободного падения на расстоянии от центра Земли, вдвое превышающем ее радиус.
3. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 3 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен 0,2. Определите равнодействующую силу, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы 7 Н.

#### Вариант 3

1. Радиус планеты Марс составляет 0,53 радиуса Земли, а масса 0,11 массы Земли. Зная ускорение свободного падения на Земле, найдите ускорение свободного падения на Марсе.
2. При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 54 кг действует сила трения скольжения 12 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 6 раз, если коэффициент трения не изменится?

3. К находящемуся на гладком столе кубику прикреплены две горизонтальные пружины жесткостью 300Н/м и 600 Н/м соответственно. Первая пружина прикреплена к стене, а ко второй пружине приложена горизонтальная сила F. Все тела покоятся. Чему равно удлинение второй пружины, если удлинение первой пружины равно 4 см?

#### Вариант 4

1. Две пружины жесткостью 0,3 кН/м и 0,8 кН/м соединены последовательно. На сколько сантиметров растянулась первая пружина, если вторая растянулась на 1.5 см?

2. Ученик равномерно перемещает деревянный брусок массой 300г по горизонтальной поверхности с помощью динамометра. Каковы показания динамометра, если коэффициент трения между бруском и доской равен 0,3?

3. Какой должна быть масса каждого из двух одинаковых кораблей, чтобы на расстоянии 1 км они притягивались с силой 1 мН?

#### Вариант 5

1. Чему равна сила тяготения, которая действует на тело массой 4 кг, поднятое над Землей на высоту, равную трети земного радиуса?

2. Для равномерного движения бруска массой 500г по шероховатой горизонтальной поверхности необходимо приложить силу  $F_1=1$  Н. С каким ускорением будет двигаться брусок под действием силы  $F_2=3$ Н?

3. При сжатии пружины на 5 мм возникает сила упругости 10кН. Во сколько раз возрастет эта сила, если сжать пружину еще на 15 мм?

#### Вариант 6

1. Вес космонавта на Земле 800 Н. Каков его вес в ракете при движении с ускорением 4g, направленным вертикально вверх?

2. Определите силу упругости нити, которая вызывает движение бруска по горизонтальной поверхности с ускорением,  $a=2$  м/с<sup>2</sup>. Масса бруска  $m=0,6$  кг, коэффициент трения бруска о поверхность составляет  $\mu=0,2$ .

3. Жесткость пружины 900 Н/м. груз какой массы надо подвесить к пружине, чтобы она растянулась на 3 см?

### Практическая работа № 4. Решение задач по теме: «Законы сохранения в механике»

**Цель:** Закрепить знания по теме «Законы сохранения в механике», сформировать умения и навыки нахождения физической величины, её вывода из формулы.

#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

### Теоретический материал

Сила и импульс:

$$\vec{F} \Delta t = m \vec{v}_2 - m \vec{v}_1 = \Delta(m \vec{v}).$$

Закон сохранения импульса:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

Механическая работа:

$$A = Fs \cos \alpha$$

Мощность:

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

Кинетическая энергия:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Теорема о кинетической энергии:

$$A = E_{k2} - E_{k1}$$

Потенциальная энергия:

$$E_p = mgh; \quad E_p = -G \frac{Mm}{r}; \quad E_p = \frac{kx^2}{2}$$

Закон сохранения энергии в механических процессах:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

## Примеры решения задач

**Пример 1.** Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью **20 м/с**. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, на какой высоте **h** кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии.

**Решение:**

В качестве нулевого уровня выберем уровень, связанный с начальным положением тела. Потенциальная энергия тела в момент бросания равна нулю, так как потенциальная энергия является функцией высоты, кинетическая энергия равна  $mv^2/2$ .

В интересующей нас точке кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии (по условию задачи)

$$E_k = E_p. \quad (1)$$

Запишем закон сохранения механической энергии (сопротивление среды отсутствует)

$$mv^2/2 = E_k + E_p = E_p + E_p = 2E_p.$$

Здесь мы воспользовались (1)  
Тогда

$$mv^2/2 = 2mgh, \text{ или } v^2/(4g) = h$$

После вычисления

$$h = 20^2 / (4 \times 10) = 10 \text{ (м)}.$$

**Ответ:** на высоте **10 м** кинетическая энергия тела равна его потенциальной.

**Пример 2.** Тело массой  $m = 100$  г падает свободно. Определите изменение импульса этого тела за первые две секунды падения.

**Решение:** Свободно падая тело через **2 с** приобретет скорость  $v = v_0 + gt = gt$ .

Изменение импульса равно  
 $\Delta p = mv - mv_0 = mv = mgt$ .  
После вычислений  
 $\Delta p = 2 \text{ Н} \times \text{с}$ .

**Обратите внимание,** что импульс – векторная величина, сначала надо найти проекцию вектора, а уж потом работать со скалярными величинами.

**Пример 3.** Шарик массой  $m_1 = 1$  кг. скользит по идеально гладкой поверхности со скоростью  $v_1 = 4$  м/с и абсолютно упруго сталкивается с таким же по размеру шариком массой  $m_2 = 3$  кг. Определите скорость шариков после удара?

**Решение:**

По закону сохранения импульса при абсолютно неупругом ударе  $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}'$ .

$$\text{ОХ: } m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v'$$

$$v' = \frac{m_1 v_1}{(m_1 + m_2)} = 1 \text{ м/с}.$$

**Ответ:** 1 м/с

#### Индивидуальные задания к практической работе № 4

##### Вариант 1

1. Два шара с одинаковыми массами 3 кг движутся во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями 3 м/с и 4 м/с. Чему равна величина полного импульса этой системы?

2. Мальчик тянет санки за веревку с силой 50 Н. Пройдя с санками 100 м, он совершает работу 2500 Дж. Найдите угол между веревкой и дорогой.

3. Молот массой 1000 кг падает с высоты 1,8 м на наковальню. Длительность удара 0,1 с. Удар неупругий. Определите среднее значение силы удара.

##### Вариант 2

1. Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,3 м/с. догоняет вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 0,2 м/с. Найдите скорость вагонов после их взаимодействия, если удар неупругий.

2. С яблони, с высоты 5 м, упало яблоко. Масса яблока 600г. Определите, какой кинетической энергией обладало яблоко в момент касания поверхности Земли.

3. Девочка, масса которой 42 кг, поднялась на второй этаж, который находился на высоте 6 м от поверхности Земли. Определите ее потенциальную энергию.

### Вариант 3

1. Мальчик везёт санки с постоянной скоростью. Сила трения санок о снег равна 30 Н. Мальчик совершил работу, равную 30 Дж. Определите пройденный путь.

2. Два одинаковых бильярдных шара массами  $m$  движутся один со скоростью  $v$ , а другой со скоростью  $2v$  в перпендикулярном направлении. Чему равен полный импульс системы?

3. Какую работу может совершить до остановки тело массой 1000кг, движущееся со скоростью 36 км/ч? Какая энергия при этом возрастает?

### Вариант 4

1. При открывании двери пружину жёсткостью 50 кН/м растягивают на 10 см. Какую работу совершает пружина, открывая дверь?

2. В начале спуска лыжник имел скорость 2 м/с, а в конце 10 м/с. Во сколько раз изменился импульс лыжника?

3. Неподвижная лодка вместе с находящимися в ней охотниками имеет массу 250 кг. Охотник выстреливает из охотничьего ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 8г, а ее скорость при вылете равна 700 м/с

### Вариант 5

1. Спортсмен поднимает гирию массой 16 кг на высоту 2 м, затрачивая на это 0,8 с. Какую мощность при этом развивает спортсмен?

2. Масса автобуса в 3 раза больше массы автомобиля. С какой скоростью должен ехать автомобиль, чтобы его импульс был равнее импульсу автобуса? Скорость автобуса 36 км/ч.

3. Налетев на пружинный буфер, вагон массой  $m=16t$ , двигавшийся со скоростью  $v=0,6$  м/с, остановился, сжав пружину буфера на  $x=8$  см. Найти общую жесткость пружины буфера.

### Вариант 6

1. На тело массой 2 кг, движущегося со скоростью 1 м/с, начала действовать постоянная сила. Каким должен быть импульс этой силы, чтобы скорость тела возросла до 6м/с?

2. При растяжении пружины на 10 см в ней возникает сила упругости, равная 25 Н. Определите потенциальную энергию этой пружины при растяжении ее на 6 см.

Какую работу надо совершить, чтобы поднять груз массой 30 кг. на высоту 10 м. с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ ?

## Практическая работа № 5. Решение задач по теме: «Основы МКТ»

**Цель:** Научиться применять основные формулы раздела «Молекулярная физика» при расчете параметров состояния идеального газа

### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

### Теоретическая часть

Газовые законы описывают изменение состояния идеального газа. Иными словами, газовый закон всегда связывает друг с другом параметры начального и конечного состояний идеального газа.

Для идеальных газов справедливы следующие законы:

Закон Бойля — Мариотта описывает изотермический процесс:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \text{ при } T = \text{const}, m = \text{const}$$

Закон Шарля описывает изохорный процесс:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ при } V = \text{const}, m = \text{const}$$

Закон Гей-Люссака описывает изобарный процесс:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ при } p = \text{const}, m = \text{const}$$

Газовые законы являются частными случаями объединенного газового закона:

$$\frac{p_1 V_1}{m_1 T_1} = \frac{p_2 V_2}{m_2 T_2}$$

где  $p_1, V_1, m_1, T_1$  — параметры начального состояния идеального газа;  $p_2, V_2, m_2, T_2$  — параметры конечного состояния идеального газа.

Если в процессе перехода от начального состояния к конечному масса газа не изменяется ( $m_1 = m_2$ ), то объединенный газовый закон имеет вид:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ — уравнение Клапейрона}$$

В общем случае все газовые законы описываются уравнением состояния:

$$pV = \frac{m}{M} RT \text{ — уравнение Клапейрона — Менделеева}$$

Учитывая, что

$$\frac{m}{M} = \nu, \text{ получим } pV = \nu RT;$$

$$\frac{m}{V} = \rho, \text{ получим } p = \frac{\rho}{M} RT.$$

При решении некоторых задач необходимо знание формулы закона Дальтона:

- давление смеси газов на стенки сосуда равно сумме давлений, входящих в него газов

Так как объем, занимаемый каждым компонентом смеси, одинаков, то



$$p_{\text{смеси}} = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

При этом уравнение Клапейрона — Менделеева для смеси газов:

$$p_{\text{смеси}} \cdot V = \left( \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} + \dots + \frac{m_n}{M_n} \right) \cdot RT.$$

## Примеры решения задач

### Пример 1.

Газ изотермически сжат от объема 16 л до объема 12 л, давление при этом возросло на 3 кПа. Первоначальное давление газа равно...(в Па).

Дано:

$$T = \text{const}$$

$$v_1 = 16 \text{ л}$$

$$v_2 = 12 \text{ л}$$

$$\Delta P = 3 \text{ кПа} = 3 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$P_1 = ?$$

Решение:

По закону Бойля-Мариотта:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = \frac{V_1}{V_2} P_1 \Rightarrow P_2 = \frac{4}{3} P_1.$$

По условию задачи:

$$P_2 - P_1 = 3 \cdot 10^3.$$

Получаем 2 уравнения:

$$\begin{cases} P_2 = \frac{4}{3} P_1 \\ P_2 - P_1 = 3 \cdot 10^3 \end{cases}$$

Решая систему 2-х уравнений, получаем:

$$\frac{4}{3} P_1 - P_1 = 3 \cdot 10^3,$$

$$\frac{1}{3} P_1 = 3 \cdot 10^3,$$

$$P_1 = 9 \cdot 10^3 \text{ Па}.$$

Ответ:  $P_1 = 9 \cdot 10^3 \text{ Па}$ .

### Пример 2.

Средняя квадратичная скорость молекул азота 600 м/с. Если его давление 0,28 МПа, то концентрация молекул равна....

Дано:

$$\vec{v} = 600 \text{ м/с}$$

$$P = 0,28 \text{ МПа} =$$

$$28 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\mu = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$n = ?$$

Решение:

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории:

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \vec{v}^2.$$

Зная число Авогадро, массу одной молекулы  $m_0$  выразим как:

$$m_0 = \frac{\mu}{N_A} \text{ и подставим в основное уравнение}$$

молекулярно-кинетической теории:

$$P = \frac{1}{3} \frac{n \mu}{N_A} \vec{v}^2, \quad n = \frac{3 P N_A}{\mu v^2},$$

$$n = \frac{3 \cdot 28 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{28 \cdot 10^{-3} \cdot 600^2} = 5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

Ответ:  $n = 5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ .

### Пример 3.

В комнате объемом  $50 \text{ м}^3$  находится воздух при температуре  $20^\circ\text{C}$  и давлении  $10^5 \text{ Па}$ . Если температура воздуха повышается до  $25^\circ\text{C}$ , то через открытую форточку выйдет масса воздуха, равная ... (в кг).

Дано:

$$V = 40 \text{ м}^3$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

$$T_2 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$\Delta m = ?$

Решение:

Уравнение Клапейрона-Менделеева для воздуха при двух разных температурах:

$$PV = \frac{m_1}{\mu} RT_1, \quad PV = \frac{m_2}{\mu} RT_2,$$

$$m_1 = \frac{PV\mu}{RT_1}; \quad m_2 = \frac{PV\mu}{RT_2},$$

$$m_1 - m_2 = \frac{PV\mu}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right).$$

Молярную массу воздуха берем из справочных таблиц

$$\mu = 0,029 \text{ кг/моль};$$

$$\Delta m = \frac{10^5 \cdot 40 \cdot 0,029}{8,3} \cdot \left( \frac{1}{293} - \frac{1}{298} \right) = 1 \text{ кг}.$$

Ответ:  $\Delta m = 1 \text{ кг}$ .

#### Пример 4.

Если газ массой  $16 \text{ г}$  при давлении  $1 \text{ МПа}$  и температуре  $112^\circ\text{C}$  занимает объем  $1,6 \text{ л}$ , то этот газ... .

Дано:

$$m = 16 \text{ г} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$P = 1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$$

$$T = 112 + 273 = 385 \text{ K}$$

$$V = 1,6 \text{ л} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$\mu = ?$

Решение:

Определить газ можно по его молярной массе.

Из уравнения Клапейрона-Менделеева молярная масса газа:

$$\mu = \frac{mRT}{PV}.$$

Подставляем значения термодинамических параметров, выраженных в системе СИ:

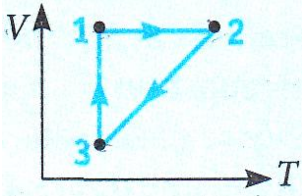
$$\mu = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 385}{1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6} \approx 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$$

Ответ: кислород.

### Индивидуальные задания к практической работе № 5

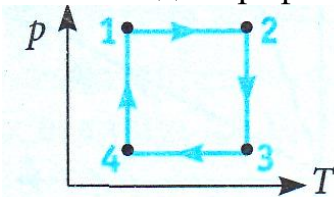
#### Вариант №1

1. Чему равно давление воздуха массой  $0,29 \text{ кг}$ . Находящегося в баллоне объемом  $50 \text{ л}$  при  $27^\circ\text{C}$ . Молярная масса воздуха равна  $29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .
2. На изделие, площадь поверхности которого  $52 \text{ см}^2$ , нанесен слой хрома толщиной  $1 \text{ мкм}$ . Сколько атомов хрома в покрытии?
3. На рисунке в системе координат  $V, T$  изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $p, T$ .



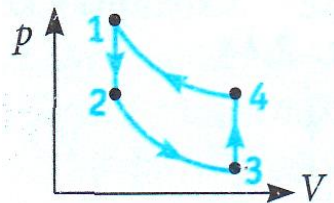
### Вариант №2

1. Чему равна температура углекислого газа массой 2 кг в баллоне вместимостью 0,04 м<sup>3</sup> при давлении 3 МПа. Молярная масса углекислого газа равна  $M=44,0$  г/моль.
2. Сколько молекул содержится в сосуде емкостью 250 см<sup>3</sup>, если давление газа 566 мм рт.ст., а температура равна 100 °С?
3. На рисунке в системе координат  $p, T$  изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $p, V$ .



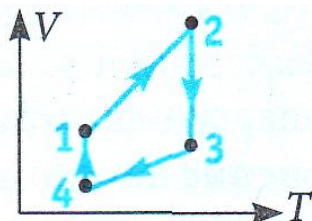
### Вариант №3

1. Чему равна масса углекислого газа объемом 10 л при давлении 0,2 МПа и температуре 20° С? Молярная масса углекислого газа равна  $M=44,0$  г/моль.
2. Плотность газа в баллоне газонаполненной электрической лампочки кг/м<sup>3</sup>. Когда лампочка горит, давление газа в ней возрастает с  $p_1=8 \cdot 10^4$  Па до  $p_2=1,1 \cdot 10^5$  Па. На сколько увеличится при этом средняя квадратичная скорость молекул газа?
3. На рисунке в системе координат  $p, V$  изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $V, T$ .



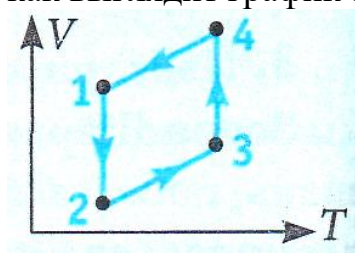
### Вариант №4

1. Чему равно давление кислорода массой 0,2 кг, содержащегося в сосуде объемом 20 л при температуре 30° С? Молярная масса кислорода равна  $32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.
2. Кислород находится в баллоне под давлением  $2 \cdot 10^5$  Па. Температура в баллоне равна 47 °С. Какую плотность имеет кислород?
3. На рисунке в системе координат  $V, T$  изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $p, T$ .



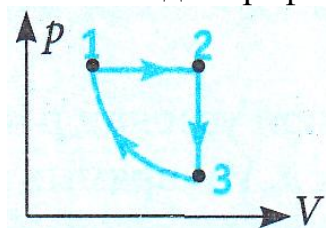
### Вариант №5

1. Чему равна температура азота массой 2,8 г и объемом  $500 \text{ см}^3$  при давлении 400 кПа. Молярная масса азота равна  $28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .
2. Баллон, содержащий  $V_1=0,02 \text{ м}^3$  воздуха под давлением  $p_1=4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , соединяют с баллоном емкостью  $V_2=0,06 \text{ м}^3$ , из которого выкачан воздух. Найти давление  $p$ , которое установилось в сосудах. Температура постоянная.
3. На рисунке в системе координат  $V, T$  изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $p, V$ .



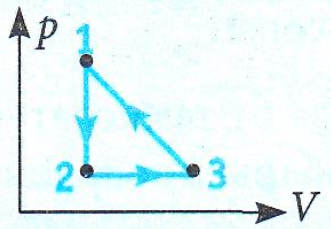
### Вариант №6

1. Чему равна масса метана ( $\text{CH}_4$ ) объемом  $2 \text{ м}^3$  при давлении 400 кПа и температуре  $0^\circ\text{C}$ ? Молярная масса метана равна  $16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .
2. Определите, какой будет абсолютная температура определенной массы идеального газа, если давление газа увеличить на 25%, а объем уменьшить на 20%. Начальная температура газа равна 300 К.
3. На рисунке в системе координат  $p, V$  изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $V, T$ .



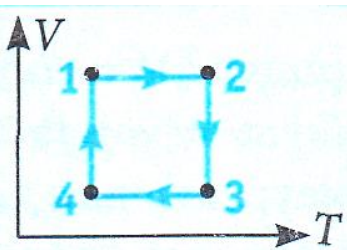
### Вариант №7

1. Газ при давлении 0,2 МПа и температуре  $15^\circ\text{C}$  имеет объем 5 л. Чему равен объем газа этой массы при нормальных условиях (давление 100 кПа, температура  $0^\circ\text{C}$ )?
2. Из баллона выпустили 2 г газа, вследствие чего давление в нем снизилось на 10%. Определите емкость баллона, если плотность газа в начальный момент была  $0,2 \text{ кг/м}^3$ . Температура газа в баллоне не менялась.
3. На рисунке в системе координат  $p, V$  изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $p, T$ .



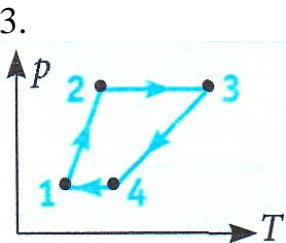
### Вариант №8

1. Какое давление рабочей смеси установится в цилиндре двигателя автомобиля, если к концу такта сжатия температура газа повышается с  $50$  до  $250^\circ\text{C}$ , а объем уменьшается с  $0,75$  до  $0,12$  л?
2. Начальный объем газа составляет  $60$  л. Определите, каким будет объем этой массы газа, если абсолютная температура повысится от  $300$  К до  $450$  К, а давление уменьшится в  $2$  раза.
3. На рисунке в системе координат  $V, T$  изображен замкнутый цикл  $1231$ , осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $p, V$ .



### Вариант №9

1. В цилиндре дизельного двигателя автомобиля температура воздуха в начале такта сжатия была  $50^\circ\text{C}$ . Найдите температуру воздуха в конце такта сжатия, если его объем уменьшается в  $17$  раз, а давление возрастает в  $50$  раз.
2. В баллоне объемом  $V=10$  л содержится гелий под давлением  $p_1=1$  Мпа при температуре  $T_1=300$  К. После того как из баллона вышло  $10$  г гелия, температура в нем уменьшилась до  $T_2=290$  К. Определите давление гелия, оставшегося в баллоне.
4. На рисунке в системе координат  $p, T$  изображен замкнутый цикл  $1231$ , осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $p, V$ .

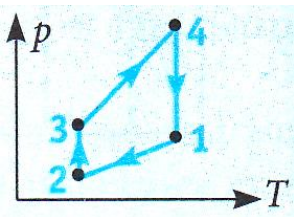


### Вариант №10

1. В баллоне содержится  $40$  м<sup>3</sup> газа при  $27^\circ\text{C}$  и давлении  $1,5 \cdot 10^6$  Па. Найдите объем газа при температуре  $0^\circ\text{C}$  и давлении  $1 \cdot 10^5$  Па.
2. Какая масса воздуха выйдет из комнаты, имеющий объем  $V=60$  м<sup>3</sup>, в следствие повышения температуры от  $T_1=280$  К до  $T_2=300$  К при нормальном давлении?

5. На рисунке в системе координат  $p, T$  изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат  $V, T$ .

3.



### Практическая работа № 6. Решение задач по теме: «Взаимные превращения жидкостей, газов и твердых тел».

**Цель:** Закрепить знания по теме «Взаимные превращения жидкостей, газов и твердых тел», сформировать умения и навыки нахождения физической величины, её вывода из формулы.

#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### Теоретическая часть

1. Количество теплоты, необходимое для нагревания тела:  
 $Q = cm(t_2 - t_1)$ ,  $c$  - удельная теплоемкость вещества
2. Количество теплоты, необходимое для плавления:  
 $Q = \lambda m$  (при  $t = t_{\text{плавл}}$ ), ( $\lambda$  - удельная теплота плавления)
3. Количество теплоты, необходимое для парообразования:  
 $Q = Lm$  (при  $t = t_{\text{кип}}$ ), ( $L$  - удельная теплота парообразования)
4. Количество теплоты, выделяемое при сгорании топлива:  
 $Q = qm$ , ( $q$  - удельная теплота сгорания топлива).

Процессы теплообмена в замкнутой системе тел могут приводить к охлаждению одних тел, нагреванию других, изменению фазового состояния тел системы. Однако при любых процессах в таких системах полное количество тепла остается неизменным. Поэтому выполняется закон сохранения энергии, называемой в этом случае тепловым балансом: количество тепла, отданное всеми остывшими телами, равно количеству тепла, полученному всеми нагревающимися телами.

Если в замкнутой системе участвуют в теплообмене три тела, то уравнение теплового баланса в общем виде запишется так:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0.$$

При решении задачи необходимо выяснить, какие тела отдают энергию (выражение для количества теплоты берется со знаком «минус»), а какие получают (количество теплоты для этих тел берется со знаком «плюс»).

## Примеры решения задач

**Пример 1.** В калориметре находится лёд массой 1 кг при температуре  $t_1 = -40$  °С. В калориметр пускают пар массой 1 кг при температуре  $t_2 = 120$  °С. Определите установившуюся температуру и фазовое состояние системы. Нагреванием калориметра пренебрегите. ( $c_{л} = 2,1 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $c_{в} = 4,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $c_{п} = 2,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $\lambda_{л} = 3,3 \cdot 10^5$  Дж/кг,  $r_{п} = 2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг.)

Р е ш е н и е. Прежде чем составлять уравнение теплового баланса,  $|Q_{отд}| = Q_{пол}$ , оценим, какое количество теплоты могут отдать одни элементы системы, а какое количество теплоты могут получить другие. Очевидно, что тепло отдают: пар 1) при охлаждении до 100 °С и 2) при конденсации; вода, сконденсировавшаяся из пара, при остывании от 100 °С. Тепло получают: лёд 1) при нагревании и 2) при плавлении; вода, полученная из льда, нагревается от 0 °С до какой-то температуры. Определим количество теплоты, отданной паром при процессах 1 и 2:

$$|Q_{отд}| = c_{п}m_{п}(t_2 - 100) + r_{п}m_{п} = 23,0 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты, полученной льдом при процессах 1 и 2:

$$Q_{пол} = c_{л}T_{л}(0 - t_1) + \lambda_{л}m_{л} = 4,14 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Из расчётов ясно, что  $|Q_{отд}| = Q_{пол}$ . Растаявший лёд затем нагревается. Определим, какое количество теплоты нужно дополнительно, чтобы вода, образовавшаяся из льда ( $m_{л} = m_{в}$ ), нагрелась до 100 °С:

$$Q'_{пол} = c_{в}T_{в}(100 - 0) = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Следовательно, суммарное количество теплоты, которую может получить лёд, перешедший в воду, которая затем нагрелась до 100 °С, есть  $Q_{пол\Sigma} = 8,34 \cdot 10^5$  Дж. Мы видим, что  $Q_{пол\Sigma} < |Q_{отд}|$ .

Из последнего соотношения следует, что не весь пар будет конденсироваться. Массу оставшегося пара можно определить из соотношения  $m'_{п} = (|Q_{отд}| - Q_{пол\Sigma})/r_{п} = 0,65$  кг.

Окончательно в калориметре будут находиться пар и вода при температуре  $t = 100$  °С, при этом  $m'_{п} = 0,65$  кг,  $m_{в} = 1,35$  кг.

**Пример 2.** На сколько температура воды у основания водопада высотой 1200 м больше, чем у его вершины? На нагревание воды затрачивается 70 % выделившейся энергии. Удельная теплоёмкость воды  $c_{в} = 4200$  Дж/(кг · К).

Р е ш е н и е. При ударе падающей воды у основания водопада часть потенциальной энергии  $E_{п} = mgh$  идёт на нагревание воды:  $\eta mgh = mc_{в}\Delta t$ , откуда  $\Delta t = \eta gh/c_{в} = 1,96$  °С.

**Пример 3.** В комнате объёмом  $V = 120$  м<sup>3</sup> при  $t = 15$  °С относительная влажность воздуха = 60 %.. Определить массу водяных паров в воздухе комнаты. Давление насыщенных паров  $p_0$  при  $t = 15$  °С равно 12 мм рт. ст. Молярная масса воды  $M = 0,018$  кг/моль.

Дано: СИ  
 $V = 120$  м<sup>3</sup> + 273 К  
 $t = 15$  °С \*133,3 Па  
 $\varphi = 60$  %  
 $p_0 = 12$  мм рт. ст.

Решение.  
 $PV = \frac{m}{M} RT \quad \varphi = \frac{P}{p_0} ; \Rightarrow P = \varphi p_0$   
 $\varphi p_0 V = \frac{m}{M} RT \quad \Rightarrow m = \frac{\varphi p_0 V M}{RT}$

$$\frac{M}{\text{КГ/МОЛЬ}} = 0,018$$

$$m = ?$$

$$m = \frac{0,6 * 12 * 133,3 \text{Па} * 120 \text{м}^3 * 0,018 \text{кг / моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} 288 \text{К}} = 0,92 \text{кг}$$

## Индивидуальные задания к практической работе № 6

### Вариант №1

1. Железная заготовка, охлаждаясь от температуры 800 до 0°C, растопила лед массой 3 кг, взятый при 0°C. Какова масса заготовки, если вся энергия, выделенная ею, пошла на плавление льда. Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 34 \cdot 10^4$  Дж/кг, удельная теплоемкость железа  $C = 460$  Дж/кг·°C
2. Относительная влажность воздуха при 20°C равна 58%. При какой максимальной температуре выпадет роса?
3. Свинцовый шар, падая с некоторой высоты, после удара о землю нагрелся на 4,5К. Удельная теплоемкость свинца 130 Дж/кг К. Определите скорость шара перед ударом, если на нагрев пошла половина его механической энергии.

### Вариант №2

1. В калориметре находится вода массой 0,4 кг при температуре 10 °C. В воду положили лёд массой 0,6 кг при температуре -40 °C. Какая температура установится в калориметре, если его теплоёмкость ничтожно мала?
2. При температуре 300 К влажность воздуха 30%. При какой температуре влажность этого воздуха будет 50%?
3. Свинцовая дробинка, летящая со скоростью 100м/с, попадает в доску и входит в нее, 52 % кинетической энергии дробинки идет на ее нагревание. На сколько градусов нагрелась дробинка? Удельная теплоемкость свинца 130 Дж/кг К.

### Вариант №3

1. Как изменится температура 150 гр воды, если в нее опустить алюминиевый цилиндр массой 100 гр, нагретый до температуры 80 °C. Начальная температура воды 20 °C.
2. Определить относительную влажность воздуха, если сухой термометр психрометра показывает 294 К, а влажный 286К?
3. Молот массой 2 т падает на стальную болванку массой 1 кг с высоты 3 м. На сколько градусов нагреется болванка при ударе, если на нагревание идет 50% всей энергии молота? Удельная теплоемкость стали 460 Дж/кг К.

### Вариант №4

1. В латунный сосуд массой 0,2 кг содержащий 0,4 кг анилина при температуре 10 С долили 0,4 кг анилина при температуре 31 С. Найти удельную теплоемкость анилина, если в сосуде установилась температура 20 С. Удельная теплоемкость латуни 0,4 кДж/ кг С.
2. Воздух при температуре 303 К имеет точку росы при 286 К. Определить абсолютную и относительную влажность воздуха.



3. Чему равна скорость пули массой 12 г, если при выстреле сгорает 2, 4 г пороха? Удельная теплота сгорания пороха равна  $3,8 \cdot 10^6$  Дж/кг. КПД карабина 25%.

#### **Вариант №5**

1. Ванну объемом 100 л необходимо заполнить водой, имеющей температуру 30 С, имея воду при температуре 80 С и лед при температуре -20 С. Найти массу льда, который придется положить в ванну.

2. Относительная влажность воздуха при 273 К равна 40%. Выпадет ли иней, если температура почвы понизится до 265 К?

3. Свинцовая пуля, встретив препятствие, затормозилась в нем и нагрелась на 160К. Определить скорость пули в момент соприкосновением с препятствием, если на нагревание пули потратилось 26% ее кинетической энергии.

#### **Вариант №6**

1. В кастрюлю, где находится вода объемом 2 л при температуре 25°С, долили 3 л кипятка. Какая температура воды установится?

2. Относительная влажность воздуха при температуре 293 К равна 44%. Что показывает влажный термометр психрометра?

3. С какой высоты упала льдинка, если она нагрелась на 1К? Считать, что на нагревание льдинки идет 60% ее потенциальной энергии. Удельная теплота плавления льда  $3,3 \cdot 10^5$  Дж/кг.

### **Практическая работа № 7. Решение задач по теме: «Основы термодинамики».**

**Цель:** систематизировать знания по разделу «Основы термодинамики», научиться применять систему знаний на расчет величин, описывающих первый закон термодинамики и процессы, происходящие в тепловых двигателях; приобрести опыт решения задач по данной теме.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

### **Теоретическая часть**

#### **ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА.**

Внутренняя энергия идеального газа есть кинетическая энергия движения молекул

$$U_{\text{в.г.}} = \frac{3}{2} NkT$$

Внутренняя энергия идеального газа - это функция состояния. Она зависит только от состояния газа, а не от пути, по которому он приведен в данное состояние.

#### **ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ.**

Закон сохранения энергии в применении к тепловым явлениям называют первым законом термодинамики.

Количество теплоты, сообщенное системе, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение работы над внешними телами.

$$Q = \Delta U + A$$

### ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.

#### ИЗОХОРНЫЙ ПРОЦЕСС:

$$V = \text{const} \quad Q_v = \Delta U$$

#### ИЗОБАРНЫЙ ПРОЦЕСС:

$$p = \text{const} \quad Q_p = \Delta U + A$$

при этом:

$$A = p\Delta V$$

#### ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС:

$$T = \text{const} \quad Q_T = A$$

#### АДИАБАТНЫЙ ПРОЦЕСС.

Адиабатным называется процесс, при котором система не получает и не отдает энергию посредством теплопередачи, т.е.есть

$$Q_{\text{ад}} = 0 \quad A = -\Delta U$$

#### КПД ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ:

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

КПД реального теплового двигателя равен

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1$$

$Q_1$  - количество теплоты, отнятое у нагревателя,  $Q_2$  - количество теплоты, переданное холодильнику.

### ИДЕАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ. ЦИКЛ КАРНО.

При цикле Карно максимальный КПД теплового двигателя вычисляется по формуле:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$T_1$  - температура нагревателя,  $T_2$  - температура холодильника в кельвинах.

### **Примеры решения задач.**

**Пример 1.** При подведении к идеальному газу количества теплоты 125 кДж газ совершает работу 50 кДж против внешних сил. Чему равна конечная внутренняя энергия газа, если его энергия до подведения количества теплоты была равна 220 кДж?

Дано:

$$U_0 = 220 \text{ кДж}$$

$$A_{\text{вн}} = 50 \text{ кДж}$$

$$Q = 125 \text{ кДж}$$

$$U - ?$$

Решение:

Согласно первому закону термодинамики:

$$\Delta U = A_{\text{вн}} + Q.$$

Поскольку  $U = U_0 + \Delta U$ , то конечная внутренняя энергия газа

$$U = U_0 + Q + A_{\text{вн}} = 220 + 125 + 50 = 295 \text{ кДж.}$$

Ответ: 295 Дж

**Пример 2.** Какой должна быть температура нагревателя, для того, чтобы в принципе стало возможным достижение значения КПД тепловой машины 80%, если температура холодильника 27 0С?

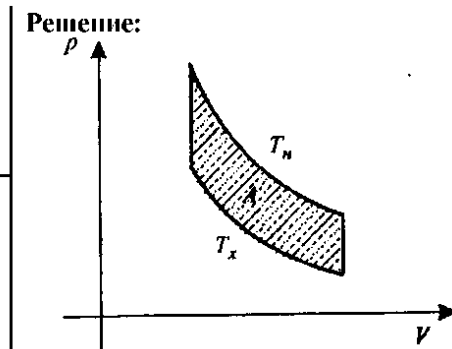
Дано:

$$\eta_{\text{max}} = 80\%$$

$$T_x = 300 \text{ К} = 3 \cdot 10^2 \text{ К}$$

$$T_n - ?$$

Решение:



$$\eta_{\text{max}} = \frac{T_n - T_x}{T_n} \cdot 100\%,$$

где  $T_n$  - температура нагревателя,  $T_x$  - температура холодильника.

$$\frac{\eta_{\text{max}}}{100\%} = 1 - \frac{T_x}{T_n},$$

$$T_n = \frac{T_x}{1 - \frac{\eta_{\text{max}}}{100\%}},$$

$$T_n = \frac{T_x \cdot 100\%}{100\% - \eta_{\text{max}}},$$

$$T_n = \frac{3 \cdot 10^2 \cdot 100}{100 - 80} \text{ К}; T_n = 1.5 \cdot 10^3 \text{ К} = 1500 \text{ К.}$$

## Индивидуальные задания к практической работе № 7

### Вариант №1

1. Объем газа, расширяющегося при постоянном давлении 199 кПа, увеличился на 2 л. Определите работу, совершенную газом в этом процессе.
2. Идеальный газ получил количество теплоты, равное 300 Дж и совершил работу, равную 100 Дж. Как изменилась при этом внутренняя энергия газа?

3. Тепловая машина имеет КПД 40%, за один цикл работы она отдает холодильнику количество теплоты 600 Дж. Какое количество теплоты при этом машина получает от нагревателя?

### **Вариант №2**

1. Какая работа была совершена при изобарном сжатии 6 моль водорода, если его температура изменилась на 50К?

2. Идеальный газ получил 100 Дж теплоты, при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 100 Дж. Чему равна работа, совершенная внешними силами?

3. КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, 40%. Какую полезную работу совершает за цикл эта машина, если она отдает холодильнику 300 Дж теплоты?

### **Вариант №3**

1. При изобарном нагревании некоторого количества идеального газа от 17 до 117°С газ совершил работу 4 кДж. Найдите количество вещества газа.

2. Идеальный газ совершил работу в 100 Дж, а отдал количество теплоты, равное 300 Дж. При этом внутренняя энергия газа ...

3. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 527° С, а температура холодильника 127° С. Определите количество теплоты, полученное машиной от нагревателя, если она совершила работу 700 Дж.

### **Вариант №4**

1. Определите внутреннюю энергию 2 моль гелия при температуре 27° С.

2. Идеальный газ совершил работу в 300 Дж. При этом его внутренняя энергия увеличилась на 300 Дж. В этом процессе газ:

3. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 900К, а температура холодильника 27°С. Определите количество теплоты, отданное машиной холодильнику, если она совершила работу 350 Дж.

### **Вариант №5**

1. На сколько изменится внутренняя энергия 8 моль одноатомного идеального газа при его изобарном нагревании от 350 К до 380 К?

2. Внешние силы совершили над газом работу 500 Дж, при этом внутренняя энергия уменьшилась на 200 Дж. Определите количество теплоты, отданное газом.

3. Тепловая машина имеет КПД 25%. Средняя мощность передачи теплоты холодильнику в ходе ее работы составляет 3 кВт. Какое количество теплоты получает рабочее тело машины от нагревателя за 10с?

### **Вариант №6**

1. Как изменится внутренняя энергия 4 молей одноатомного идеального газа при уменьшении его температуры на 200К?

2. В некотором процессе внутренняя энергия газа уменьшилась на 300 Дж, а газ совершил работу 500 Дж. Какое количество теплоты было сообщено газу?

3. КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, 20%. Во сколько раз абсолютная температура нагревателя больше абсолютной температуры холодильника?

При подготовке к практической работе необходимо использовать конспекты лекций и учебник ФИЗИКА, 10 кл. авт. Л.Э Генденштейн, Ю.И.Дик, § 42, 43; Л.Э Генденштейн, А.В.Кошкина, Г.И.Левиев, Задачник §42, №№ 6, 7, §43 №№3, 4

## Практическая работа № 8. Решение задач по теме: «Электростатика».

**Цель:** систематизировать знания по разделу «Электростатика», научиться применять систему знаний на расчет величин, описывающих электростатическое поле; приобрести опыт решения задач по данной теме.

### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

### Теоретическая часть

**Закон сохранения заряда:** В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов ( $q_1, q_2, \dots, q_n$ ) всех частиц остается неизменной.

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$$

### Закон Кулона

Сила взаимодействия ( $F$ ) двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей заряда ( $q_1$  и  $q_2$ ) и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

где  $k=9 \times 10^9$  (Н×м<sup>2</sup>)/Кл<sup>2</sup> — коэффициент пропорциональности.

Заряд электрона

$$e=1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$$

### Напряженность электрического поля

Напряженность электрического поля ( $\vec{E}$ ) равна отношению силы ( $\vec{F}$ ), с которой поле действует на точечный заряд, к этому заряду ( $q$ ).

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Напряженность поля точечного заряда (в вакууме)

$$E = \frac{k \times |q_0|}{r^2}$$

### Принцип суперпозиции полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

### Диэлектрическая проницаемость

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

**Работа при перемещении заряда в однородном электростатическом поле**

Работа ( $A$ ) при перемещении заряда ( $q$ ) в однородном электростатическом поле

напряженностью ( $E$ ) не зависит от формы траектории движения заряда, а определяется величиной перемещения ( $\Delta d = d_2 - d_1$ ) заряда вдоль силовых линий поля.

$$A = q \times E \times (d_2 - d_1)$$

*Потенциальная энергия заряда*

Потенциальная энергия ( $W_p$ ) заряда в однородном электростатическом поле равна произведению величины заряда ( $q$ ) на напряженность ( $E$ ) поля и расстояние ( $d$ ) от заряда до источника поля.

$$W_p = q \times E \times d$$

*Потенциал электростатического поля*

Потенциал ( $\varphi$ ) данной точки электростатического поля численно равен:

- 1) потенциальной энергии ( $W_p$ ) единичного заряда ( $q$ ) в данной точке:  $\varphi = \frac{W_p}{q}$  ;  
 2) произведению напряженности ( $E$ ) поля на расстояние ( $d$ ) от заряда до источника поля:  $\varphi = E \times d$  ( $B$ )

*Напряжение (разность потенциалов)* Напряжение ( $U$ ) или разность потенциалов ( $\varphi_1 - \varphi_2$ ) между двумя точками равна отношению работы поля ( $A$ ) при перемещении заряда из начальной точки в конечную к этому заряду ( $q$ ).

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$$

*Связь между напряженностью и напряжением*

$$E = \frac{U}{\Delta d}$$

*Емкость*

Емкость © двух проводников — это отношение заряда ( $q$ ) одного из проводников к разности потенциалов ( $U$ ) между этим проводником и соседним.

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

*Емкость конденсатора*

Емкость плоского конденсатора © прямо пропорциональна площади пластин ( $S$ ), диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ) размещенного между ними диэлектрика, и обратно пропорциональна расстоянию между пластинами ( $d$ ).

$$C = \frac{\epsilon \times \epsilon_0 \times S}{d}$$

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \times \text{м}^2)$  — электрическая постоянная

*Энергия заряженного конденсатора*

Энергия ( $W$ ) заряженного конденсатора равна:  $W = \frac{q \times U}{2}$

$$W = \frac{q^2}{2 \times C}$$

$$W = \frac{C \times U^2}{2}$$

Параллельное  
 $C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots +$

соединение

конденсаторов  
 $C_n$

Последовательное  
 $1/C_{\text{общ}} =$

соединение  
 $1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots +$

конденсаторов  
 $1/C_n$

## Примеры решения задач

### Пример 1.

Если расстояние между двумя точечными зарядами уменьшить на 50 см, то сила взаимодействия увеличится в 2 раза. Заряды находятся на расстоянии... (в м).

Дано:

$$r_2 = (r - 0,5) \text{ м}$$

$$F_2 = 2F_1$$

$r = ?$

Решение:

Сила кулоновского взаимодействия между зарядами, находящимися на расстоянии  $r$ :

$$F_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon \epsilon_0 r^2}$$

При уменьшении расстояния на 50 см:

$$F_2 = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon \epsilon_0 (r - 0,5)^2}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{r^2}{(r - 0,5)^2}$$

Извлекая квадратный корень из левой и правой части, получаем:

$$\sqrt{2}(r - 0,5) = r \Rightarrow r = 1,75 \text{ м.}$$

Ответ:  $r = 1,75 \text{ м.}$

### Пример 2.

Модуль вектора напряженности поля на расстоянии 5 м от заряда равен 150 В/м. Потенциал электрического поля на расстоянии 10 м от этого заряда равен... (в В).

Дано:

$$E = 150 \text{ В/м}$$

$$r_1 = 5 \text{ м}$$

$$r_2 = 10 \text{ м}$$

$\varphi = ?$

Решение:

Используя выражения для модуля напряженности и потенциала электростатического поля, создаваемого точечным зарядом, получаем:  $E = \frac{q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 r^2}$ .  $\varphi = \frac{q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 r}$

Разделив первое выражение на второе, получим:

$$\frac{E}{\varphi} = \frac{r_2}{r_1}$$

Отсюда:

$$\varphi = \frac{150 \cdot 5^2}{10} = 375 \text{ В.}$$

Ответ: 375 В.

### Пример 3.

Два одинаковых металлических шарика с зарядами - 120 мкКл и + 40 мкКл привели в соприкосновение и развели на расстояние 10 см. Сила взаимодействия шариков равна... (в кН).

Дано: $q_1 = -120 \text{ мкКл} = -120 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ $q_2 = 40 \text{ мкКл} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ $r_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ $F = ?$	Решение: Шарики одинаковые, следовательно, они имеют одинаковые емкости и после соприкосновения заряды на шариках окажутся равными. По закону сохранения электрического заряда: $q_1 + q_2 = 2q,$
---	--

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-120 + 40}{2} = -40 \text{ мкКл.}$$

Силу взаимодействия шариков определим по закону Кулона:

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (40 \cdot 10^{-6})^2}{(0,1)^2} = 1440 \text{ Н.}$$

$$F = 1,44 \text{ кН.}$$

Ответ: 1,44 кН.

#### Пример 4.

В однородном электрическом поле с напряженностью 200 В/м находится в равновесии пылинка с зарядом  $10^{-7}$  Кл. Масса пылинки в граммах равна...

Дано: $E = 200 \text{ В/м}$ $q = 10^{-7} \text{ Кл}$ $m = ?$	Решение: На заряженную пылинку в однородном электрическом поле действуют две силы: сила тяжести $F_{\text{тяж}}$ и сила со стороны электрического поля $F$ . $F_m = mg; F = qE$ . Пылинка будет находиться в равновесии, если эти силы равны по модулю и противоположны по направлению.
---	--

$$mg = qE,$$

$$m = qE / g.$$

Подставим числовые значения:

$$m = \frac{10^{-7} \cdot 200}{10} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ кг.}$$

Выразим массу пылинки в г:  $m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$

Ответ:  $m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$

### Индивидуальные задания к практической работе № 8

#### Вариант №1

- Какие заряды приобретут два одинаковых шарика после того, как их соединили и вновь разъединили, если первоначально они имели заряды  $q_1 = 10 \text{ нКл}$  и  $q_2 = 16 \text{ нКл}$ ?
- В направленном вертикально вниз однородном электрическом поле с напряженностью 0,13 МН/Кл капля жидкости массой 2 нг оказалась в равновесии. Найдите заряд капли.
- Какую площадь должны иметь пластины плоского конденсатора для того, чтобы его емкость была равна 1,0 нФ, если между пластинами помещается стекло толщиной 0,10 мм?



### Вариант №2

1. Во сколько раз надо изменить расстояние между зарядами при увеличении одного из них в 4 раза, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?
2. Шарик массой 30 г, положительный заряд которого 3 мкКл, движется в однородном электростатическом поле напряженностью 20 кН/Кл, направленном вертикально вверх. Определите ускорение шарика.
3. На конденсаторе написано «58 мкФ, 50 В». Какой заряд он накопит при зарядке?

### Вариант №3

1. Найдите силу взаимодействия двух зарядов  $q_1 = -2 \cdot 10^{-8}$  Кл, и  $q_2 = 9 \cdot 10^{-8}$  Кл, которые находятся на расстоянии 9 см в парафине.
2. В однородном электрическом поле напряженностью 60 кН/Кл переместили заряд  $q = 5$  нКл. Перемещение, равное по модулю 20 см, образует угол  $60^\circ$  с направлением силовой линии. Найдите работу поля.
3. В импульсной фотовспышке лампа питается от конденсатора емкостью 800 мкФ, заряженного до напряжения 300 В. Найдите энергию вспышки.

### Вариант №4

1. Какова величина точечного заряда, если напряжённость 5 мкН/Кл, а расстояние до точки электрического поля равно 2 см.
2. Какую работу совершает электростатическое поле при перемещении заряда 20 нКл из точки с потенциалом 700 В в точку с потенциалом 200 В?
3. Энергия электрического поля конденсатора 6 мкДж, напряжение на его пластинах 30 В. Определите заряд конденсатора.

### Вариант №5

1. Одинаковые по модулю, но разные по знаку заряды 4 нКл расположены на расстоянии 2 см. Определите, с какой силой они взаимодействуют.
2. Напряжение между двумя точками, лежащими на одной линии напряженности однородного поля, равно 2 кВ. Расстояние между этими точками 10 см. Какова напряженность поля?
3. Рассчитайте энергию электростатического поля конденсатора емкостью 0,1 мкФ, заряженного до разности потенциалов 200 В.

### Вариант №6

1. Найти силу, действующую на заряд 3,5 нКл, если напряжённость электрического поля 4 кН/Кл.
2. Определите расстояние от точечного заряда 1 нКл, находящегося в дистиллированной воде, на котором напряженность электростатического поля будет равна 0,25 В/м.
3. Заряд конденсатора 3,2 мКл, напряжение на обкладках 500 В. Определите энергию электрического поля конденсатора.

### Вариант №7

1. На каком расстоянии друг от друга заряды  $q_1 = 1,0$  мкКл и  $q_2 = -10$  нКл взаимодействуют с силой 9,0 мН?
2. Пылинка массой 6,5 мг находится во взвешенном состоянии между двумя параллельными металлическими пластинами, расположенными на расстоянии 8

мм друг от друга. Определите заряд пылинки, если разность потенциалов между пластинами 150 В.

3. Чему равна емкость конденсатора с зарядом  $5 \cdot 10^{-4}$  Кл и напряжением в пластинах 200 В ?

### **Вариант №8**

1. Какова величина заряда, если на него действует сила 50 мкН, а напряженность электрического поля равна 4 кН/Кл.

2. Точечный заряд, находящийся в некоторой точке электростатического поля с потенциалом 1 кВ, обладает потенциальной энергией 10 мкДж. Определите значение этого заряда.

3. Определите емкость батареи, состоящей из конденсаторов емкости  $C_1 = 200$  пФ и  $C_2 = 500$  пФ, если они соединены: а) последовательно; б) параллельно. Нарисовать схему.

### **Вариант №9**

1. Определить расстояние до точки электрического поля напряженностью  $3 \cdot 10^2$  Н/Кл, если заряд равен 1 нКл.

2. Электрический заряд перемещается из точки с потенциалом 125 В в точку с потенциалом 75 В. При этом силы электростатического поля совершают работу 1 мДж. Определите величину заряда.

3. Конденсатор емкостью 1 мкФ заряжен до напряжения 100 В. Пластины конденсатора замыкают проводником. Какая при этом выделится энергия?

### **Вариант №10**

1. Напряженность поля в вакууме, созданного электрическим зарядом  $9 \cdot 10^8$  В/м. Определите напряженность этого поля на таком же расстоянии в керосине.

2. На каком расстоянии находятся две точки электрического поля, лежащие на одной силовой линии, если напряжение между ними 220 В, а напряженность электрического поля равна 11 кВ/м.

3. Чему равна емкость конденсатора с зарядом  $2 \cdot 10^{-4}$  Кл и напряжением в пластинах 100 В?

### **Ответить на контрольные вопросы:**

Физическая сущность закона Кулона, принцип его применения.

В чем сходство и различие закона всемирного тяготения и закона Кулона?

Какие поля называются электростатическими?

Что такое напряженность электрического поля?

В чем состоит принцип суперпозиции электрических полей?

Дайте определение потенциала электростатического поля.

Как связана работа перемещения заряда в электростатическом поле с напряженностью и потенциалом поля?

Какова связь между потенциалом и напряженностью электростатического поля?

Что называется емкостью уединенного проводника и от чего она зависит?

Что называется взаимной емкостью двух проводников и от чего она зависит?

В каких случаях следует применять те или иные способы соединения конденсаторов?

## Практическая работа № 9. Решение задач по теме: «Законы постоянного тока».

**Цель:** систематизировать знания по разделу «Постоянный электрический ток», научиться применять полученные знания для решения задач различных типов.

**Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

### Теоретическая часть

#### **Сила тока**

Сила тока ( $I$ ) равна: отношению заряда ( $\Delta q$ ), переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени ( $\Delta t$ ), к этому интервалу времени;

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

#### **Закон Ома для участка цепи**

Сила тока ( $I$ ) прямо пропорциональна приложенному напряжению ( $U$ ) и обратно пропорциональна сопротивлению проводника ( $R$ )

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

#### **Сопротивление проводника**

Сопротивление ( $R$ ) проводника зависит от материала проводника (удельного сопротивления  $\rho$ ) и его геометрических размеров (длины  $l$  и площади поперечного сечения  $S$ ).

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

#### **Удельное сопротивление проводника**

Удельное сопротивление ( $\rho$ ) проводника — величина, численно равная сопротивлению проводника длиной ( $l$ ) один метр и площадью поперечного

сечения ( $S$ ) один квадратный метр.

$$R = \sum_{i=1}^n R_i \quad \rho = \frac{R \times S}{l}$$

**Сопротивление последовательно соединенных**

**проводников**

**Сопротивление параллельно соединенных**

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad \text{проводников}$$

#### **Работа постоянного тока**

Работа ( $A$ ) постоянного тока на участке цепи:

1) равна произведению силы тока ( $I$ ), напряжения ( $U$ ) и времени ( $t$ ), в течение которого совершалась работа:  $A = U \times I \times t$  ;

2) равна произведению квадрата силы тока ( $I$ ), сопротивления участка цепи ( $R$ ) и времени ( $t$ ):  $A = I^2 \times R \times t$  (для последовательного соединения проводников)

3) пропорциональна квадрату напряжения ( $U$ ), времени ( $t$ ) и обратно

пропорционально сопротивлению ( $R$ ) участка цепи:

(для параллельного соединения проводников)

### Мощность тока

Мощность ( $P$ ) постоянного тока на участке цепи равна: ;  $P = U \times I$

$$I; \quad P = I^2 \times R ;$$

$$A = \frac{U^2}{R} \times t \quad P = \frac{U^2}{R}$$

### Электродвижущая сила (ЭДС)

Электродвижущая сила в замкнутом контуре ( $\xi$ ) представляет собой отношение работы сторонних сил ( $A$ ) при перемещении заряда внутри источника тока к заряду ( $q$ ).

$$\xi = A/q$$

СИ: В

### Закон Ома для полной цепи

Сила тока ( $I$ ) в полной цепи равна отношению ЭДС ( $\xi$ ) цепи к её полному сопротивлению (внутреннему сопротивлению  $r$  и внешнему  $R$ ).

$$I = \frac{\xi}{r + R}$$

### Последовательное соединение источников тока

Если цепь содержит несколько последовательно соединенных элементов с ЭДС ( $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$ ), то полная ЭДС цепи ( $\xi$ ) равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \dots$$

### Параллельное соединение источников тока

Если цепь содержит несколько параллельно соединенных элементов с равными ЭДС ( $\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \dots$ ), то полная ЭДС цепи ( $\xi$ ) равна ЭДС каждого элемента.

$$\xi = \xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \dots$$

## Примеры решения задач

### Пример 1.

Два проводника при параллельном соединении имеют сопротивление 6 Ом, а при последовательном соединении - 27 Ом. Произведение сопротивлений этих проводников равно... (в Ом).

Дано:

$$R_{\text{пар}} = 6 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{посл}} = 27 \text{ Ом}$$

$$R_1 R_2 = ?$$

Решение:

При последовательном соединении двух проводников

$$R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 = 27 \text{ Ом.}$$

При параллельном соединении

$$\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2},$$

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6 \text{ Ом,}$$

$$R_1 R_2 = 6(R_1 + R_2) = 6R_{\text{посл}}.$$

Подставляем числовые значения:

$$R_1 R_2 = 6 \cdot 27 = 162 \text{ Ом}^2.$$

Ответ:  $162 \text{ Ом}^2$ .

### Пример 2.

При уменьшении сопротивления внешней цепи с  $10 \text{ Ом}$  до  $4 \text{ Ом}$  сила тока, текущего через источник, увеличилась от  $1 \text{ А}$  до  $2 \text{ А}$ . ЭДС источника тока равна. (в В).

Дано:	Решение:
$R_1 = 10 \text{ Ом}$	По закону Ома для полной цепи для первого и второго случая имеем:
$R_2 = 4 \text{ Ом}$	$\varepsilon = I_1(R_1 + r); \varepsilon = I_2(R_2 + r).$
$I_1 = 1 \text{ А}$	Разделим первое уравнение на второе:
$I_2 = 2 \text{ А}$	$\frac{R_1+r}{R_2+r} = \frac{I_2}{I_1} = 2.$
$\varepsilon = ?$	

Произведя алгебраические преобразования, получаем:

$$R_1 + r = 2R_2 + 2r,$$

$$r = R_1 - 2R_2 = 2 \text{ Ом}.$$

$$\varepsilon = I_1(R_1 + 2) = 1(10 + 2) = 12 \text{ В}.$$

Ответ:  $12 \text{ В}$ .

### Пример 3.

Батарея с внутренним сопротивлением  $2 \text{ Ом}$  и ЭДС  $6 \text{ В}$  замкнута проводником с сопротивлением  $8 \text{ Ом}$ . Какое количество теплоты выделится в проводнике за  $1$  секунду?

Дано:	Решение:
$r = 2 \text{ Ом}$	Количество теплоты, выделяющееся в проводнике, определяется законом Джоуля-Ленца:
$\varepsilon = 6 \text{ В}$	$Q = I^2 R t.$
$R = 8 \text{ Ом}$	По закону Ома для полной цепи:
$\frac{Q}{t} = ?$	$I = \frac{\varepsilon}{R+r},$

$$\frac{Q}{t} = \left( \frac{\varepsilon}{R+r} \right)^2 R.$$

Подставляем числовые значения:

$$\frac{Q}{t} = 0,6^2 \cdot 8 = 2,88 \text{ Дж}.$$

Ответ:  $2,88 \text{ Дж}$ .

## Индивидуальные задания к практической работе № 9

### Вариант №1

1. На катушку намотан  $1 \text{ м}$  провода с площадью поперечного сечения  $5 \text{ мм}^2$ . Найти удельное сопротивление сплава, из которого изготовлен провод, если сопротивление катушки постоянному току равно  $2000 \text{ Ом}$ .
2. ЭДС источника напряжения  $6 \text{ В}$ . При внешнем сопротивлении цепи  $1 \text{ Ом}$  ток равен  $3 \text{ А}$ . Каким будет ток короткого замыкания?

3. Для нагревания воды затрачено 5000 Дж теплоты. Найти время, в течение которого был включен нагреватель. Электрическая мощность нагревателя равна 250 Вт. КПД нагревателя 50%.

#### **Вариант №2**

1. Пять одинаковых резисторов соединены параллельно. Во сколько раз увеличится сопротивление цепи, если один резистор отключить?

2. Источник тока с ЭДС 120 В и внутренним сопротивлением 2 Ом, замкнут на внешнее сопротивление 58 Ом. Определить полную и полезную мощности источника тока.

3. Рассеянный гражданин, уехав на 30 суток в отпуск, забыл выключить 2 лампочки, через которые течет ток по 0,25 А. Сколько электроэнергии будет потеряно? Напряжение сети 220 В.

#### **Вариант №3**

1. Напряжение на участке цепи сопротивлением 7 Ом равно 49 В. Какой заряд пройдет по цепи за 0,5 часа?

2. К источнику тока с ЭДС 5 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключено сопротивление. Определить полное сопротивление этой цепи, если сила тока в цепи равна 0,5 А.

3. Электросчетчик показал, что расход энергии за 10 минут составил 0,3 кВт·ч. Найти силу тока в подводящих электроэнергию проводах, если напряжение в сети равно 200 В.

#### **Вариант №4**

1. В городскую осветительную сеть с напряжением 110 В нужно включить последовательно 5 лампочек накаливания с напряжением 12В. Вычислить добавочное сопротивление, которое потребуется к лампочкам и силу тока в них, если сопротивление каждой лампочки 20 Ом.

2. Сила тока короткого замыкания источника тока с ЭДС 5 В равна 2,5 А. Найти внутреннее сопротивление источника.

3. В электроприборе за 15 мин электрическим током силой 2 А совершена работа 9 кДж. Определите сопротивление прибора.

#### **Вариант №5**

1. При помощи амперметра с сопротивлением 0,9 Ом, рассчитанного на измерение предельной силы тока 10 А, нужно измерить силу тока, достигающую 100 А. Найти величину необходимого для этого шунта.

2. К источнику с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключен реостат, сопротивлением 5 Ом. Найти отношение напряжения на внутреннем и на внешнем сопротивлении.

3. Каково напряжение на резисторе сопротивлением 300 Ом, если за 12 мин электрическим током была совершена работа 450 Дж?

#### **Вариант №6**

1. Определите напряжение на концах стального проводника длиной 3 м и площадью поперечного сечения 0,2 мм<sup>2</sup>, в котором сила тока равна 0,5 А. Удельное сопротивление стали равно 0,12·10<sup>-6</sup> Ом·м.

2. При подключении лампочки к батарее элементов с ЭДС 4,5 В вольтметр показал напряжение на лампочке 4 В, а амперметр - силу тока в ней 0,25 А. Каково внутреннее сопротивление батареи?

3. Электрическая печь для плавки металла потребляет ток силой 850 А при напряжении 220 В. Сколько теплоты выделяется в печи за 1 мин?

#### **Вариант №7**

1. Электрическую лампу сопротивлением 240 Ом, рассчитанную на напряжение 120 В, надо подключить к сети напряжением 220 В. Какой длины нихромовый проводник с площадью поперечного сечения 0,55 мм<sup>2</sup> надо включить последовательно с лампой, чтобы она горела нормальным накалом? Удельное сопротивление нихрома равно  $1,1 \cdot 10^{-6}$  Ом·м.

2. Лампочка подключена к батарее с ЭДС 1,5 В. Сила тока в цепи равна 0,1 А. Чему равна работа сторонних сил за 10 мин?

3. Из какого материала изготовлена спираль нагревательного элемента, мощность которого 480 Вт, если его длина 15 м, сечение 0,21 мм<sup>2</sup>, а напряжение в сети 120 В?

#### **Вариант №8**

1. Гирлянда из 20 одинаковых лампочек, соединенных параллельно, подключена к источнику тока напряжением 220 В. Сопротивление одной лампочки 5 кОм. Чему равна сила тока в гирлянде?

2. К батарее с ЭДС, равной 6 В и внутренним сопротивлением 1,4 Ом подключены параллельно соединенные резисторы сопротивлениями 2 Ом и 6 Ом. Чему равно напряжение на полюсах батареи?

3. Две электрических цепи подключены к одной сети. Одна цепь образована последовательным соединением резисторов 1 Ом, 5 Ом и 20 Ом, а вторая цепь - параллельным. Сравните расход электроэнергии.

#### **Вариант №9**

1. В городскую осветительную сеть с напряжением 110 В нужно включить последовательно 5 лампочек накаливания с напряжением 12 В. Вычислить добавочное сопротивление, которое потребуется к лампочкам и силу тока в них, если сопротивление каждой лампочки 20 Ом.

2. В резисторе сопротивлением 24 Ом, подключенном к источнику тока с ЭДС, равной 16 В, выделяется мощность 6 Вт. Чему равна сила тока короткого замыкания для этого источника?

3. За какое время в проводнике сопротивлением 16 Ом выделится 432 Дж теплоты? Сила тока в проводнике равна 0,3 А.

#### **Вариант №10**

1. Конденсатор емкостью 0,5 мкФ зарядили от источника напряжением 4000 В. Определить среднюю силу тока в соединительных проводах, если время заряда 0,1 с.

2. К аккумулятору с ЭДС, равной 20 В, подключены параллельно две лампы сопротивлением соответственно 40 Ом и 10 Ом. Сила тока в аккумуляторе равна 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление аккумулятора?

3. Какое количество теплоты выделится в реостате, сопротивление которого 6 Ом, если за 5 мин через него прошел электрический заряд, равный 600 Кл?

## Контрольные вопросы для самопроверки

- Что представляет собой электрический ток? Каковы условия его возникновения?  
Что такое сила тока? В чем измеряется? Каким прибором?  
Что собой представляет сопротивление проводника, от чего оно зависит?  
Как вычисляется общее сопротивление проводников при последовательном соединении? Параллельном?  
Сформулируйте закон Ома для участка цепи.  
Что такое ЭДС? В каких единицах измеряется? Каким прибором?  
Сформулируйте закон Ома для полной цепи.  
Что такое короткое замыкание?  
Как записывается закон Ома для полной цепи при последовательном соединении источников тока? При параллельном?  
Как можно вычислить работу и мощность тока?  
В чем заключается сущность закона Джоуля – Ленца?

### Практическая работа № 10. Решение задач по теме: «Магнитное поле. Электромагнитная индукция».

**Цель:** Научиться применять основные формулы раздела «Магнитное поле. Электромагнитная индукция» при расчете действия магнитного поля на проводник с током и движущиеся заряженные частицы; использовать закон ЭМИ для решения задач

#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

### Теоретический материал

**Сила Ампера** – это сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля.  $F_A = \Delta l B I \sin \alpha$ ,

$\Delta l$  – длина активной части проводника,  $B$  – магнитная индукция,  $I$  – сила тока,  $\alpha$  – угол между направлением тока и вектором индукции магнитного поля.

Направление силы Ампера определяется по **правилу левой руки**: если кисть левой руки расположить так, что четыре пальца указывают направление тока в проводнике, а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то, отогнутый на  $90^\circ$  большой палец, покажет направление силы, действующей на проводник.

**Сила Лоренца** – это сила, действующая на движущуюся электрически заряженную частицу со стороны магнитного поля.  
 $F_L = qvB \sin \alpha$

Направление силы Лоренца определяется по **правилу левой руки**: если кисть левой руки расположить так, что четыре пальца указывают направление скорости



положительного заряда, а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец покажет направление силы Лоренца. Для отрицательного заряда направление меняется на противоположное.

**Магнитный поток** – физическая величина, равная произведению модуля вектора магнитной индукции на площадь поверхности и на косинус угла между вектором магнитной индукции и нормалью к поверхности.

$$\Phi = B S \cos \alpha$$

Нормаль  $\vec{n}$  – вектор, перпендикулярный поверхности.

Единица измерения магнитного потока в СИ: 1 Вб (вебер).

**ЭДС индукции в движущемся проводнике.** На концах проводника, движущемся в магнитном поле, возникает разность потенциалов, или ЭДС индукции:

$$E_i = v B_\perp l$$

$v$  – скорость движения проводника,  $B_\perp$  – перпендикулярная составляющая вектора магнитного поля,  $l$  – длина проводника.

**Электромагнитная индукция** – это явление возникновения вихревого электрического поля, вызывающего электрический ток в замкнутом контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром.

**Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея – Максвелла).**

ЭДС индукции в замкнутом контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.

$$E_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

**Правило Ленца.** Индукционный ток в контуре имеет такое направление, что созданный им магнитный поток через поверхность, ограниченную контуром, препятствует изменению магнитного потока, вызвавшего этот ток.

**Индуктивность** – это физическая величина, равная коэффициенту пропорциональности между магнитным потоком через площадь, ограниченную контуром проводника, и силой тока в контуре.

$$\Phi = LI$$

$\Phi$  – магнитный поток,  $L$  – индуктивность,  $I$  – сила тока.

Единица измерения индуктивности в СИ: 1 Гн (генри).

Индуктивность зависит от формы и размеров проводника. Это свойство проводника создавать магнитное поле.

**Самоиндукция** – возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении в нем силы тока.

$$E_s = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

**Энергия магнитного поля катушки:**

$$W_{\text{м}} = \frac{L I^2}{2}$$

### Примеры решения задач

#### Пример №1.

Определить модуль силы Ампера, действующей на проводник с током длиной 25 см в магнитном поле с индукцией 0,04 Тл, если угол между вектором магнитной индукции и направлением тока  $30^\circ$ . Сила тока в проводнике 0,25 А.

Дано:

$$\Delta l = 25 \text{ см}$$

$$B = 0,04 \text{ Тл}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$I = 0,25 \text{ А}$$

$$F_A = ?$$

Решение:

На проводник с током в магнитном поле действует сила

$$F_A = B I \Delta l \cdot \sin \alpha.$$

Подставив значения всех величин согласно условию задачи, получим

$$F_A = 0,04 \text{ Тл} \cdot 0,25 \text{ А} \cdot 0,25 \text{ м} \cdot 0,5 = 0,00125 \text{ Н} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Н}.$$

**Ответ:**  $F_A = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Н}.$

#### Пример 2.

В соленоиде, содержащем 1000 витков, магнитный поток равномерно убывает от 10 до 6 мВб, в течение 20мс. Определить ЭДС индукции в соленоиде.

Дано

$$\Phi_1 = 10 \text{ мВб} = 0,01 \text{ Вб}$$

$$\Phi_2 = 6 \text{ мВб} = 0,006 \text{ Вб}$$

$$N = 1000$$

$$t = 20 \text{ мс} = 0,02 \text{ с}$$

$$e_i = ?$$

Решение

$$e_i = - N \Delta \Phi / \Delta t$$

$$e_i = - e_i = e_i = 1000 \cdot (0,006 \text{ Вб} - 0,01 \text{ Вб}) / 0,02 \text{ с} =$$

$$= 200 \text{ В},$$

**Ответ:**  $e_i = 200 \text{ В}$

**При  
мер  
3.  
С**

какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 80см, под углом  $65^\circ$  к линиям магнитной индукции, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции – 2,5В, если индукция магнитного поля равна 0,4Тл?

Дано

$$B = 0,4 \text{ Тл}$$

Формула

$$e_i = v l B \sin \alpha$$

Решение

$$v = 2,5 \text{ В} / 0,8 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ Тл} \cdot \sin 65^\circ =$$

$$50$$

$$v = e_i / I B \sin \alpha = 8,62 \text{ м/с}$$

$$e_i = 2,5 \text{ В}$$

$$l = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$$

$$\alpha = 65^\circ$$

v-?

**Ответ: v = 8,62 м/с**

## Индивидуальные задания к практической работе № 10

### Вариант №1

1. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл перпендикулярно линиям индукции находится проводник длиной 70 см, по которому течет ток силой 70 А. Определите силу, действующую на проводник.
2. Протон в однородном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл описал окружность радиусом 10 см. Найдите скорость движения протона.
3. За сколько времени в катушке с индуктивностью 240 мГ происходит нарастание тока от нуля до 11,4 А, если при этом возникает средняя э.д.с. самоиндукции 30 В?

### Вариант №2

1. В однородном магнитном поле с индукцией 0,8 Тл на проводник с током в 30 А, длина активной части которого 10 см, действует сила 1,5 Н. Под каким углом к вектору индукции расположен проводник?
2. В однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции влетает электрон со скоростью  $10^7$  м/с. Определите индукцию поля, если электрон описал окружность радиусом 1 см.
3. Определить индуктивность катушки, если при ослаблении в ней тока на 2,8 А за 62 мс в катушке появляется средняя э.д.с. самоиндукции 14 В.

### Вариант №3

1. Какова сила тока в проводнике, находящемся в однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл, если длина активной части проводника 20 см, сила, действующая на проводник, 0,75 Н, а угол между направлением линий индукции и током  $49^\circ$ ?
2. В однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0,1 Тл в вакууме движется электрон со скоростью  $3 \cdot 10^6$  м/с. Чему равна сила, действующая на электрон, если угол между направлением скорости электрона и линиями индукции равен  $90^\circ$ ?
3. Определить энергию магнитного поля катушки, в которой при токе 7,5 А магнитный поток равен  $2,3 \cdot 10^{-3}$  Вб. Число витков в катушке 120.

### Вариант №4

1. Какая сила действует на проводник длиной 10 см в однородном магнитном поле с индукцией 2,6 Тл, если ток в проводнике 12 А, а угол между направлением тока и линиями индукции  $30^\circ$ ?
2. В однородное магнитное поле с индукцией 0,085 Тл влетает электрон со скоростью  $4,6 \cdot 10^7$  м/с, направленной перпендикулярно линиям индукции поля. Определите радиус окружности, по которой движется электрон.
3. Какая э.д.с. самоиндукции возникнет в катушке с индуктивностью 68 мГ, если ток 3,8 А исчезнет в ней за 0,012 с?

#### **Вариант №5**

1. На проводник длиной 50 см с током 2 А в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл действует сила 0,05 Н. Определите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.
2. Электрон движется в однородном магнитном поле в вакууме перпендикулярно линиям индукции по окружности радиусом 1 см. Определите скорость движения электрона, если магнитная индукция поля 0,2 Тл.
3. Какой силы ток нужно пропускать по обмотке дросселя с индуктивностью 0,5 Гн, чтобы энергия поля оказалась равной 100 Дж?

#### **Вариант №6**

1. Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник с током в 25 А действует сила 0,05 Н? Длина активной части проводника 5 см. Направления линий индукции и тока взаимно перпендикулярны.
2. Определить ЭДС индукции на концах крыльев самолета Ан-2, имеющих длину 12,4 м, если скорость самолёта при горизонтальном полёте 180 км/ч, а вертикальная составляющая вектора индукции магнитного поля Земли  $0,5 \cdot 10^{-4}$  Тл.
3. В катушке возникает магнитный поток 0,015 Вб, когда по ее виткам проходит ток 5,0 А. Сколько витков содержит катушка, если ее индуктивность 60 мГ?

### **Практическая работа № 11. Решение задач по теме: «Механические колебания и волны»**

**Цель:** Закрепить знания по теме «Колебания и волны», сформировать умения и навыки нахождения физической величины, её вывода из формулы.

#### **Порядок выполнения работы:**

4. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
5. Рассмотреть примеры решения задач
6. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### **Теоретическая часть**

Колебания, рассматриваемые в разделе «Механика», называются механическими, при которых рассматриваются изменения положений, скоростей, ускорений и энергий каких-либо тел или их частей.

Силу, под действием которой происходит колебательный процесс, называют возвращающей силой.

Виды колебаний: а) свободные, которые совершаются под действием одной возвращающей силы (первоначально сообщенной энергии); б) вынужденные колебания, происходящие под воздействием внешней периодической силы; в) автоколебания, происходящие при периодическом поступлении энергии от источника внутри колебательной системы.

Простейшим видом периодических колебаний являются гармонические колебания, происходящие по закону синуса или косинуса.

Отклонения от положения равновесия называют смещением, и обозначается  $X$ , а наибольшее смещение называется амплитудой колебания и обозначается  $A$ .

Периодические колебания совершаются циклично. Время одного полного колебания называется периодом колебания (обозначается  $T$ ). Если тело за время  $t$

совершает  $n$  полных колебаний то  $T = \frac{t}{n}$ , а  $\frac{1}{T} = \frac{n}{t} = \nu$  и называется частотой колебаний. Число колебаний за  $2\pi$  единиц времени называется циклической (круговой) частотой и обозначается  $\omega$ :  $\omega = 2\pi\nu$ .

Математическая запись гармонического колебания:

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

$$X = A \sin(\omega t + \varphi_0) = A \sin \varphi$$

где  $\varphi = \omega t + \varphi_0$  – фаза колебания (физическая величина, определяющая положение колебательной системы в данный момент времени),  $\varphi_0$  – начальная фаза колебания.

Простейшими колебательными системами являются:

а) математический маятник – материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити и совершающая колебания под действием силы тяжести.

Период колебания определяется уравнением:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Период  $T$  зависит лишь от длины маятника и местоположения (удалённости от центра Земли или другого небесного тела), которое определяется величиной

ускорения свободного падения ( $g = \gamma \frac{M}{r^2}$ );

б) пружинный маятник – материальная точка, закреплённая на абсолютно упругой пружине.

Период колебания определяется уравнением:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ .

**Волной** называют процесс распространения колебаний в пространстве. Волны

характеризуются длиной волны и скоростью распространения  $v = \frac{\lambda}{T}$  где  $v$  – скорость волны (м/с),

$\lambda$  – длина волны (м),  $T$  – период колебания (с).

## Примеры решения задач

**Пример 1.** Какова масса груза, колеблющегося на пружине жесткостью 0,5 кН/м, если при амплитуде колебаний 6 см он имеет максимальную скорость 3 м/с?

Дано:

$$k = 0,5 \text{ кН/м} = 500 \text{ Н/м},$$

$$x = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м},$$

$$v = 3 \text{ м/с}.$$

Найти:  $m$

Решение.

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}; m = k \frac{x^2}{v^2} = k \left( \frac{x}{v} \right)^2 = ;$$

$$= 500 \text{ Н/м} \cdot \left( \frac{0,06 \text{ м}}{3 \text{ м/с}} \right)^2 = 0,2 \text{ кг}.$$

Ответ:  $m = 0,2 \text{ кг}$ .

**Пример 2.** При подвешивании груза массой 1 кг стальная пружина в положении равновесия удлинилась на 1 см. С каким периодом будет совершать колебания этот груз на пружине после смещения его по вертикали из положения равновесия?

**Решение:**

Под действием силы упругости пружины тело массой  $m$  совершает гармонические колебания с периодом, определяемым по формуле

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

где  $k$  - жесткость пружины.

Жесткость пружины можно найти по ее удлинению под действием силы тяжести груза массой  $m$ . По закону Гука

$$(F_y)_x = -kx$$

Для модуля силы упругости в положении равновесия выполняется равенство

$$F_y = kx_0 = mg,$$

следовательно,

$$k = \frac{mg}{x_0}$$

Подставляем полученное выражение в формулу для вычисления периода колебаний:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{mx_0}{mg}} = 2\pi \sqrt{\frac{x_0}{g}}; T \approx 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{10^{-2} \text{ м}}{9,8 \text{ м/с}^2}} \approx 0,2 \text{ с}$$

**Пример 3.** Напишите уравнение гармонических колебаний, если амплитуда равна 7 см и за 2 мин совершается 240 колебаний. Начальная фаза колебаний равна  $\pi/2$  рад.

### Решение:

$$\begin{array}{l|l} x_m = 0,07 \text{ м} & x = x_m \cos(\omega_0 t + \Phi_0) \\ \tau = 120 \text{ с} & \omega_0 = \frac{2\pi}{T} \\ n = 240 & T = \frac{\tau}{n} \\ \Phi_0 = \frac{\pi}{2} \text{ рад} & \\ \hline x = ? & x = x_m \cos\left(\frac{2\pi n}{\tau} t + \Phi_0\right) \end{array} \left| \begin{array}{l} x = 0,07 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 240}{120} t + \frac{\pi}{2}\right), \\ x = 0,07 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right). \end{array} \right.$$

### Индивидуальные задания к практической работе № 11

#### Вариант №1

1. Найти массу груза, который на пружине жёсткостью 250Н/м делает 20 колебаний за 16 с.
2. Рыболов заметил, что за 10 с поплавок совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними гребнями волн 1,2 м. Какова скорость распространения волны?
3. Маятник при свободных колебаниях отклонился в крайнее положение 15 раз в минуту. Какова частота колебаний?

#### Вариант №2

1. Пружинный маятник массой 0,16 кг совершает гармонические колебания. Какой должна стать масса этого маятника, чтобы период колебаний увеличился в 2 раза?
2. Длина первого маятника 1 м, второго 2,25 м. За некоторое время первый маятник совершил 15 колебаний. Сколько колебаний за тот же промежуток времени совершил второй маятник?
3. Волна с периодом колебаний 0,5 с распространяется со скоростью 24м/с. Определите длину этой волны.

#### Вариант №3

1. Расстояние между ближайшими гребнями волн в море 4 м. Лодка качается на волнах, распространяющихся со скоростью 3 м/с. С какой частотой волны ударяют о корпус лодки?
2. За одно и то же время первый математический маятник совершил 40 колебаний, а второй 60. Определите отношение длины первого маятника к длине второго.
3. К пружине жёсткостью 200Н/м подвешен груз массой 0,4 кг. Определите частоту колебаний этого пружинного маятника.

#### Вариант №4

1. Длина звуковой волны частотой 440 Гц в некотором веществе равна 3,4 м. Чему равна скорость звука в этом веществе?
2. Груз массой 200г подвешен к пружине и совершает колебания. Как изменится частота колебаний, если к этой пружине вместо этого груза подвесить тело массой 0,8 кг?

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

#### Вариант №5

1. Скорость звука в воздухе 340 м/с. Длина звуковой волны для самого высокого женского голоса достигает 25 см. Определите частоту колебаний этого голоса.

2. Материальная точка совершает гармонические колебания по закону  $x = 0,2 \sin \pi \cdot t/2$ , где все величины заданы в единицах СИ. Определить амплитуду, период, частоту и циклическую частоту колебаний.

3. Груз массой 0,16 кг, подвешенный к пружине, совершает свободные гармонические колебания. Какой массы новый груз нужно подвесить вместо первого, чтобы период колебаний увеличился в 2 раза?

#### Вариант №6

1. Груз, подвешенный на легкой пружине жесткостью 100 Н/м, совершает свободные гармонические колебания. какой должна быть жесткость другой пружины, чтобы частота колебаний этого груза увеличилась в 4 раза?

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

3. Маятник длиной 1 м совершил 60 колебаний за 2 минуты. Найти ускорение свободного падения для данной местности.

4.

#### Практическая работа № 12. Решение задач по теме: «Световые волны».

**Цель:** уметь решать задачи на закон отражения и преломления света, связывать показатель преломления света со скоростью распространения в веществе, понимать механизм распространения света через дифракционную решетку и уметь определять длину световой волны.

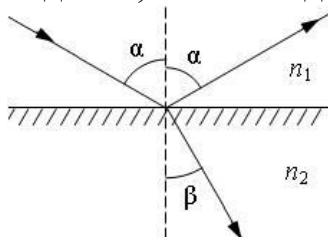
#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### Теоретический материал

##### Закон отражения света

Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости; угол отражения равен углу падения.



##### Закон преломления света



Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная и называется относительным показателем преломления второй среды относительно первой:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{12}$$

Физический смысл относительного показателя преломления заключается в том, что он равен отношению скоростей света в граничащих средах (экспериментальный факт):

$$n_{12} = \frac{v_1}{v_2}$$

Отсюда следует, что

$$n = \frac{c}{v} \text{ и } n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$$

### Линза

Линза прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями.

Формула тонкой линзы

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

где  $D$  - оптическая сила (измеряется в диоптриях),  $F$  - фокусное расстояние линзы,  $d$  и  $f$  - расстояния от оптического центра линзы до предмета и изображения соответственно.

### Дифракционная решетка

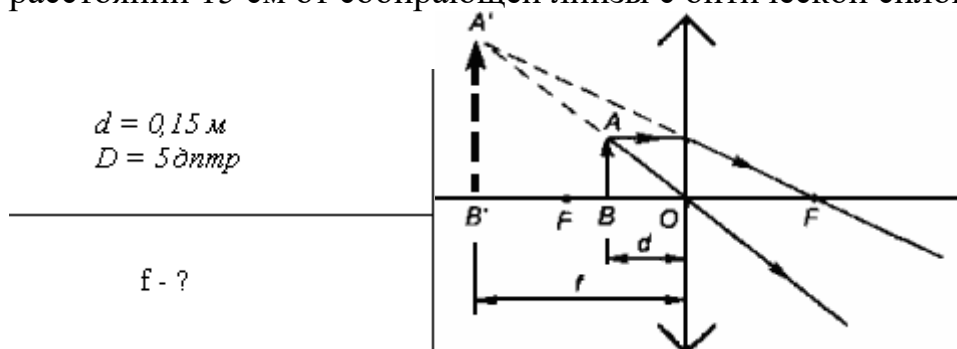
*Дифракционная решетка* - экран с параллельными щелями равной ширины, разделенными одинаковыми непрозрачными промежутками. Период решетки  $d$  - расстояние между серединами соседних щелей.

Максимумы дифракционной картины от решетки даются условием:

$$d \sin \varphi = k\lambda, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

### Примеры решения задач

**Пример № 1.** Определите положение изображения предмета, находящегося на расстоянии 15 см от собирающей линзы с оптической силой 5 дптр.



Фокусное расстояние линзы  $F = 1/D = 1/5 = 0,2$  м больше, чем расстояние  $d$  от предмета до линзы, поэтому линза дает мнимое, увеличенное и прямое изображение действительного предмета. Из формулы тонкой линзы:

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$

Знак "-" перед  $f$  обусловлен тем, что изображение мнимое. Отсюда

$$f = \frac{d}{1 + Dd}$$

$$f = \frac{0,15 \text{ м}}{1 + 5 \text{ дптр} \cdot 0,15 \text{ м}} = 8,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

**Ответ:** предмет расположен на расстоянии 8,6 см от линзы.

### Пример №2.

Изображение предмета в лупе находится на расстоянии 30 см от оптического центра лупы. На каком расстоянии (в см) находится предмет перед лупой, если ее фокусное расстояние равно 9 см?

Дано:	Решение:
$f = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$	Применим формулу тонкой линзы
$F = 9 \text{ см} = 0,09 \text{ м}$	$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$
$d - ?$	Знак «минус» перед $\frac{1}{f}$ ставим потому, что изображение предмета в лупе мнимое. Выражаем $d$ :
	$\frac{F \cdot f}{F + f} = \frac{0,09 \cdot 0,3}{0,09 + 0,3} = 0,07 \text{ м} = 7 \text{ см.}$
	Ответ: 7 см.

### Пример №3.

Свет падает перпендикулярно на дифракционную решетку. Линия какой длины волны (в нм) в спектре четвертого порядка совпадает с линией в спектре третьего порядка, имеющей длину волны 560 нм?

Дано:	Решение:
$k_1 = 4$	Используем формулу дифракционной решетки
$k_2 = 3$	$d \sin \varphi = k \lambda$
$\lambda_2 = 560$	Если линии в спектрах разного порядка совпадают, это означает, что для них
нм	$\varphi_1 = \varphi_2$ и $\sin \varphi_1 = \sin \varphi_2$ .
$\lambda_1 - ?$	Таким образом, $d \sin \varphi_1 = k_1 \lambda_1$ , $d \sin \varphi_2 = k_2 \lambda_2$ и $k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2$ .
	$\lambda_1 = \frac{k_2 \lambda_2}{k_1}$
	$\lambda_1 = \frac{3 \cdot 560}{4} = 420 \text{ нм.}$
	Ответ 520 нм.

### Пример №4.

Луч света падает из воздуха на стеклянную пластинку с показателем преломления 1,73. Каким должен быть угол падения (в градусах), чтобы угол преломления был в два раза меньше угла падения?

Дано:	Решение:
$n = 1,73$	Применяем закон преломления: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ и
$\alpha = 2\beta$	подставляем $\alpha = 2\beta$ .
$\alpha - ?$	$n = \frac{\sin 2\beta}{\sin \beta} = \frac{2 \sin \beta \cos \beta}{\sin \beta} = 2 \cos \beta$ .

$$\cos \beta = \frac{n}{2} = \frac{1,73}{2} = 0,866$$

Получаем  $\beta = \arccos 0,866 = 30^\circ$ ,

$$\alpha = 2\beta = 2 \cdot 30^\circ = 60^\circ.$$

## Индивидуальные задания к практической работе № 12

### Вариант №1

1. Определите скорость света в воде, если её абсолютный показатель преломления 1,33.
2. С помощью линзы получено действительное изображение предмета, находящегося на расстоянии 0,5 м от линзы. Найти оптическую силу линзы, если его изображение расположено на расстоянии 1 м от линзы.
3. Определите постоянную дифракционной решетки, если при ее освещении светом длиной 656 нм второй спектральный максимум виден под углом  $15^\circ$ . Примите, что  $\sin 15^\circ = 0,25$

### Вариант №2

1. Луч переходит из воды в стекло. Угол падения равен  $35^\circ$ . Найдите угол преломления.
2. С помощью линзы получено мнимое изображение предмета, находящегося на расстоянии 10 см от линзы. Найти фокусное расстояние линзы, если его изображение расположено на расстоянии 0,5 м от линзы.
3. Дифракционная решетка имеет 150 штрихов на 1 мм. Найдите длину волны монохроматического света, падающего на решетку, если первый максимум наблюдается под углом, синус которого равен 0,06.

### Вариант №3

1. Вода освещена светом с длиной волны 700 нм. Какова длина волны этого света в воде?
2. Дифракционная решетка имеет 500 штрихов на 1 мм. Какой наибольший порядок спектра можно увидеть, если освещать ее светом с длиной волны 520 нм?
3. Луч света падает из воздуха на стеклянную пластинку под углом  $45^\circ$ . Каким должен быть показатель преломления стекла, чтобы угол между отраженным и преломленным лучом составил  $110^\circ$ ?

### Вариант №4

1. Световой луч попадает из воздуха в жидкость с показателем преломления 1,4 и распространяется в жидкости под углом  $45^\circ$  к ее поверхности. Найти синус угла падения.
2. На каком расстоянии от линзы с фокусным расстоянием 15 см надо поместить предмет, чтобы его увеличение было равно 3?
3. На дифракционную решетку, имеющую 100 штрихов на 1 мм, нормально падает свет с длиной волны 700 нм. Определите синус угла, под которым наблюдается максимум третьего порядка.

### Вариант №5

1. Угол отражения светового луча от зеркала равен  $23^\circ$ . Найти величину угла между падающим лучом и поверхностью зеркала.

2. На каком расстоянии от фонаря, подвешенного на высоте 2 м, надо поместить столб высотой 40 см, чтобы длина тени столба была равной 1,5 м?
3. Найдите наибольший порядок спектра для желтой линии натрия ( $\lambda = 589$  нм), если период решетки равен 2 мкм.

### Вариант №6

1. Луч падает на поверхность воды под углом  $30^\circ$ . Под каким углом он должен упасть на поверхность стекла, чтобы угол преломления остался таким же? Показатели преломления воды и стекла, соответственно 1,33 и 1,6.
2. Мнимое изображение предмета получено в фокальной плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием 10 см. На каком расстоянии от линзы находится предмет?
3. Какое число штрихов на 1 мм имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ( $\lambda = 550$  нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом  $19^\circ$ . Считать, что  $\sin 19^\circ = 0,33$ .

### Практическая работа № 13. Решение задач по теме: «Световые кванты»

**Цель:** уметь решать задачи на применение формул, связывающих энергию и импульс фотона с частотой соответствующей световой волны; вычислять красную границу фотоэффекта и энергию фотоэлектронов на основе уравнения Эйнштейна;

#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### Теоретический материал.

Энергия фотона	$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме, $\lambda$ — длина волны
Работа выхода из металла	$A_{\text{вых}} = h \cdot c / \lambda_0$	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме, $\lambda_0$ — длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта
Формула Эйнштейна для фотоэффекта	$\varepsilon = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$	$m$ — масса электрона, $A$ — работа выхода; $v$ — скорость электрона.
"Красная граница" фотоэффекта для данного металла	$v_0 = \frac{A}{h}, \quad \lambda_0 = \frac{hc}{A}$	$\lambda_0$ — максимальная длина волны излучения; $v_0$ — минимальная частота, при которой фотоэффект еще возможен

Масса фотона	$m_\nu = \epsilon/c^2 = h\nu/c^2$	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка, $c$ — скорость света в вакууме, $h\nu$ — энергия фотона
Импульс фотона	$p_\nu = h/\lambda$	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка, $\lambda$ — длина волны

## Примеры решения задач

### Пример № 1.

Определите красную границу фотоэффекта для металла с работой выхода 2 эВ.

Дано:

$$A = 2 \text{ эВ} = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$\lambda_{\text{max}} - ?$$

Решение

Из уравнения Эйнштейна (82.4) для фотоэффекта при условии  $E_k = 0$  имеем

$$h\nu_{\text{min}} = A$$

Частота  $\nu$  света связана с его скоростью  $c$  и длиной волны  $\lambda$  выражением

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

Из этих двух формул получаем

$$\frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} = A, \lambda_{\text{max}} = \frac{hc}{A};$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,2 \cdot 10^{-19}} \text{ м} = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

### Пример № 2

Найдите максимальную скорость электронов, освобождаемых при фотоэффекте светом с длиной волны  $4 \cdot 10^{-7}$  м с поверхности материала с работой выхода 1,9 эВ.

Дано:

$$\lambda = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$A = 1,9 \text{ эВ} = 3,04 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$v_{\text{max}} - ?$$

Решение:

Для решения задачи воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта,

$$E = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

подставив в него выражение **2** для максимальной кинетической энергии электронов:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}, \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A;$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \frac{hc}{\lambda} - 2A}{m}};$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} - 2 \cdot 3,04 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \text{ м/с} \approx 6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$$

### Пример № 3

С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны 520 нм?

Дано:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг,  
 $\lambda = 520$  нм,  
 $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж\*с  
 Найти:  $v = ?$

Решение.

Импульс электрона  $p_e = mv$   
 Импульс фотона:  $p_f = h/\lambda$

Получаем уравнение:  $mev = h/\lambda$

отсюда имеем:  $v = h/(\lambda \cdot me)$

Подставляем значения, получаем

$$v = 6,62 \cdot 10^{-34} / (520 \cdot 10^{-9} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}) = 1399 \text{ м/с}$$

Ответ: 1399 м/с

## Индивидуальные задания к практической работе № 13

### Вариант № 1

1. Определить красную границу фотоэффекта (в нм) для металла с работой выхода 4,3 эВ.
2. Найти максимальную скорость фотоэлектронов при освещении металла с работой выхода 4 эВ ультрафиолетовым излучением с частотой  $1,2 \cdot 10^{15}$  Гц. Масса электрона  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, а  $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж.
3. Определите импульс фотона, обладающего энергией  $4,2 \cdot 10^{-19}$  Дж.

### Вариант № 2

1. При переходе атомов ртути из первого возбужденного в основное состояние излучаются фотоны с энергией 4,9 эВ. Какую длину волны имеет эта линия спектра?
2. Найдите работу выхода электронов с поверхности некоторого материала, если при его облучении желтым светом длиной волны 590 нм скорость выбитых электронов равна  $3 \cdot 10^5$  м/с. Масса электрона равна  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.
3. Определите длину волны излучения, если импульс фотона  $1 \cdot 10^{-27}$  кг·м/с.

### Вариант № 3

1. На пластину из никеля попадает электромагнитное излучение, энергия фотонов которого равна 8 эВ. При этом в результате фотоэффекта из пластины

вылетают электроны с максимальной энергией 3 эВ. Какова работа выхода электронов из никеля?

2. При падении на фотокатод света частотой  $4 \cdot 10^{15}$  Гц максимально возможная скорость фотоэлектронов  $2 \cdot 10^6$  м/с. Определите частоту, соответствующую красной границе фотоэффекта. Масса электрона равна  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

3. Какой энергией обладает фотон красного света с длиной волны 750 нм?

#### Вариант № 4

1. Работа выхода электрона из металла равна  $3 \cdot 10^{-19}$  Дж. Найти максимальную длину волны излучения, которым могут выбиваться электроны.

2. Какова максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих с поверхности цезия под действием света с частотой  $6 \cdot 10^{14}$  Гц, если красная граница фотоэффекта для цезия соответствует 620 нм? Масса электрона равна  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

3. Какова масса фотона с длиной волны в 450 нм?

#### Вариант № 5

1. Найти длину волны света, которым освещается поверхность металла, если фотоэлектроны имеют кинетическую энергию  $4,5 \cdot 10^{-20}$  Дж, а работа выхода электронов из металла равна  $0,75 \cdot 10^{-20}$  Дж.

2. Поток фотонов с энергией 12 эВ выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода. Определите работу выхода для данного металла.

3. Во сколько раз энергия фотона с частотой  $9 \cdot 10^{21}$  Гц больше энергии фотона с длиной волны излучения  $4 \cdot 10^{-10}$  м?

#### Вариант № 6

1. Определить красную границу ( $\lambda_{кр}$ ) фотоэффекта для металла, если при облучении его светом с длиной волны 450 нм максимальная кинетическая энергия электронов равна  $3,5 \cdot 10^{-19}$  Дж.

2. Красная граница фотоэффекта для цезия равна 660 нм. Найти скорость фотоэлектронов, выбитых при облучении цезия светом с длиной волны 400 нм. Масса электрона равна  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

3. Какой энергией обладает свет с частотой  $5,1 \cdot 10^{14}$  Гц?

#### Вариант № 7

1. Определите длину волны света, которым освещается поверхность металла, если фотоэлектроны имеют максимальную кинетическую энергию  $6 \cdot 10^{-20}$  Дж, а работа выхода электронов из металла равна  $6 \cdot 10^{-19}$  Дж.

2. При какой длине электромагнитной волны энергия фотона была бы равна  $9,93 \cdot 10^{-19}$  Дж?

3. Чему равна длина волны де Бройля для частицы, обладающей импульсом  $100$  кг·м/с? Постоянная Планка равна  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

### **Практическая работа № 13. Решение задач по теме: «Физика атомного ядра».**

**Цель:** уметь определять продукты ядерных реакций на основе законов сохранения электрического заряда и массового числа, энергетический выход ядерных реакций, применять правила смещения при альфе и бета-распадах.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### **Теоретический материал**

**Ядро атома** состоит из нуклонов:

протонов ( $p$  или  ${}_1^1\text{H}$ ) и  
нейтронов ( ${}_0^1n$ )

Любой элемент таблицы Менделеева можно представить:  ${}_Z^AX$

#### **Z - это**

порядковый номер элемента в таблице Менделеева;  
число протонов в ядре (заряд ядра атома равен произведению элементарного электрического заряда  $e$  на его порядковый номер  $Z$ :  $q=eZ$ ;  
число электронов в атоме (атом в целом электрически нейтрален)

#### **A - это**

массовое число (в таблице Менделеева);  
общее число нуклонов в ядре:  $A = Z + N$ , где  $N$  -- число нейтронов в ядре

**Ядерные реакции** - превращения одних атомных ядер в другие при взаимодействии их с элементарными частицами или друг с другом.

**Радиоактивность** - способность атомных ядер некоторых элементов спонтанно распадаться, превращаясь в ядра другого элемента.

Закон сохранения зарядового числа (закон сохранения заряда): сумма нижних индексов частиц, вступивших в ядерную реакцию, равна сумме нижних индексов частиц, полученных в результате реакции.

**Закон сохранения массового числа (закон сохранения массы):** сумма верхних индексов частиц, вступивших в реакцию, равна сумме верхних индексов частиц, полученных в результате реакции.

#### **Дефект массы ядра**

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}$$

#### **Энергия связи атомного ядра**

$$\Delta E_{\text{св}} = \Delta mc^2$$

#### **Энергия ядерной реакции**

$$\Delta E = \Delta m \cdot 931,5 \text{ МэВ}$$

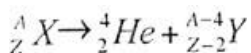
**Альфа-частицы ( $\alpha$ )** - это ядра атома гелия:  ${}_2^4\text{He}$ .



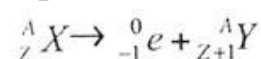
**Бета-частицы ( $\beta$ )** - это электроны, летящие со скоростью, близкой к скорости света:  $v = 0,99c$ ;  ${}_{-1}^0e$ .

**Гамма-кванты ( $\gamma$ )** - жесткое электромагнитное излучение с длиной волны ( $\lambda = 10^{-11} : 10^{-12}$  м)

**Правило смещения при  $\alpha$ -распаде**



**Правило смещения при  $\beta$ -распаде**



**Закон радиоактивного распада**

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \text{ или } N = N_0 e^{-\lambda t},$$

$$\lambda = 2,71828$$

Период полураспада  $T$  - время, в течение которого распадается половина наличного числа радиоактивных атомов.

**Примеры решения задач**

**Пример № 1**

Вычислите энергию связи ядра атома дейтерия.

Решение

$$m_p = 1,00728 \text{ а.е.м.}$$

$$m_n = 1,00866 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{\frac{2}{1}H} = 2,01410 \text{ а.е.м.}$$

$$m_e = 0,00055 \text{ а.е.м.}$$

$\Delta E$  - ?

Энергия связи ядра равна

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

где  $\Delta m$  - разность суммы масс свободных частиц, входящих в состав ядра, и

$$\Delta m = m_p + m_n - m_{\text{я}} = m_p + m_n - \left( M_{\frac{2}{1}H} - m_e \right);$$

$$\Delta m = 1,00728 \text{ а.е.м.} + 1,00866 \text{ а.е.м.} - 2,01410 \text{ а.е.м.} +$$

массы ядра;  $+0,00055 \text{ а.е.м.} = 0,00239 \text{ а.е.м.}$

Но  $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ , поэтому

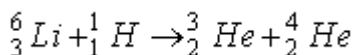
$$\Delta m = 0,00239 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 3,967 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$$

$$\Delta E = 3,967 \cdot 10^{-30} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ Дж} = 3,57 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

$$\Delta E = \frac{3,57 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{Дж}}{\text{эВ}}} = 2,23 \cdot 10^6 \text{ эВ} = 2,23 \text{ МэВ}$$

**Пример № 2**

Вычислите энергетический выход ядерной реакции



Решение:

Для вычисления энергетического выхода ядерной реакции необходимо найти разность масс частиц, вступающих в реакцию, и частиц - продуктов реакции

$$M_{{}^6_3\text{Li}} = 6,01512 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{{}^1_1\text{H}} = 1,00782 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{{}^3_2\text{He}} = 3,01605 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{{}^4_2\text{He}} = 4,00260 \text{ а.е.м.}$$

$\Delta E = ?$

$$\Delta E = \Delta mc^2,$$

$$\Delta m = M_{{}^6_3\text{Li}} + M_{{}^1_1\text{H}} - M_{{}^3_2\text{He}} - M_{{}^4_2\text{He}};$$

$$\Delta m = 6,01512 \text{ а.е.м.} + 1,00782 \text{ а.е.м.} - 3,01605 \text{ а.е.м.} - 4,00260 \text{ а.е.м.} = 0,00429 \text{ а.е.м.}$$

Вычислим энергетический выход при изменении массы на 1 а.е.м.:

$$\Delta E = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \approx 1,49 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} \approx 931 \text{ МэВ}$$

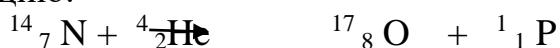
Выход ядерной реакции равен

$$\Delta E = 0,00429 \text{ а.е.м.} \cdot 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}} = 4,0 \text{ МэВ}$$

### Пример № 3.

В результате захвата альфа – частицы ядром изотопа азота  ${}^{14}_7\text{N}$  образуется неизвестный элемент и протон. Написать ядерную реакцию и определить неизвестный элемент. Решение.

Запишем ядерную реакцию:



Поскольку суммы для массовых чисел и зарядов в правой и левой частях этого выражения должны быть равны, то

$$14 + 4 = 1 + A, \quad 7 + 2 = 1 + Z,$$

откуда

$$A = 17, \quad Z = 8.$$

Следовательно, полученный элемент можно символически записать в виде  ${}^{17}_8\text{X}$ . Из таблицы Менделеева найдем, что это изотоп кислорода  ${}^{17}_8\text{O}$ .

## Индивидуальные задания к практической работе № 13

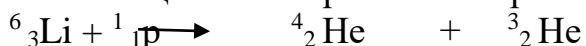
### Вариант 1

1. Какие частицы использовались в следующих ядерных реакциях?



2. Произведите энергетический расчет ядерной реакции и выясните, выделяется или

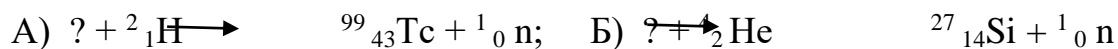
поглощается энергия в этой реакции:



3. Ядро висмута  $^{211}_{83}\text{Bi}$  получилось из другого ядра после  $\alpha$ -распада и  $\beta$ -распада. Что это за ядро?

### Вариант 2

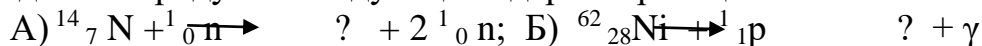
1. С какими атомными ядрами осуществлены следующие ядерные реакции:



2. Какова энергия связи ядра атома углерода  $^{13}_6\text{C}$ ?  
 3. Во что превращается ядро атома урана  $^{238}_{92}\text{U}$  после  $\alpha$ -распада и двух  $\beta$ -распадов?

### Вариант 3

1. Определите продукты следующих ядерных реакций:



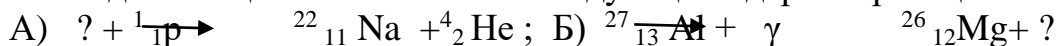
2. Произведите энергетический расчет ядерной реакции и выясните, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:



3. Во что превращается ядро изотопа тория  $^{234}_{90}\text{Th}$  после трех  $\alpha$ -распадов?

### Вариант 4

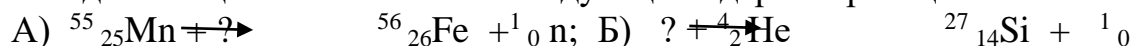
1. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:



2. Какова энергия связи ядра атома кремния  $^{30}_{14}\text{Si}$ ?  
 3. Ядро изотопа тория  $^{232}_{90}\text{Th}$  претерпевает  $\alpha$ -распад, два  $\beta$ -распада и еще один  $\alpha$ -распад. Какие ядра после этого получаются?

### Вариант 5

1. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:



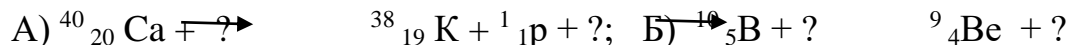
2. Произведите энергетический расчет ядерной реакции и выясните, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:



3. В какое вещество превращается атом таллия  $^{210}_{81}\text{Tl}$  после трех  $\beta$ -распадов и одного  $\alpha$ -распада?

### Вариант 6

1. Определите возможные бомбардирующие и испускаемые частицы в ядерных реакциях:



2. Какова энергия связи ядра атома кислорода  $^{16}_8\text{O}$ ?  
 3. В результате какого радиоактивного распада натрий  $^{22}_{11}\text{Na}$  превращается в магний  $^{22}_{12}\text{Mg}$ ?

**Перечень основной и дополнительной учебной литературы,  
необходимой для освоения дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Автор</b>	<b>Название основной учебной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины</b>	<b>Выходные данные</b>	<b>Количество экземпляров в библиотеке ДГУНХ / адрес доступа</b>
<b>I. Основная учебная литература</b>				
1.	Васильев, А. А. Федоров В. Е. Храмов Л. Д.	Физика. Базовый уровень: 10—11 классы: учебник для среднего общего образования	Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 211 с.	<a href="https://urait.ru/bcode/530393">https://urait.ru/ bcode/530393</a>
2.	Кравченко Н.Ю.	Физика: учебник и практикум для СПО	М.:Издательство Юрайт, 2023. – 300 с.	<a href="https://urait.ru/bcode/512690">https://urait.ru/ bcode/512690</a>
3.	Коломиец А.В. Сафонов А.А.	Астрономия: учебное пособие для СПО	М.: Издательство Юрайт, 2023. - 282 с.	<a href="https://urait.ru/bcode/516716">https://urait.ru/ bcode/516716</a>
<b>II. Дополнительная литература</b>				
<b>А) Дополнительная учебная литература</b>				
1.	Горлач В.В., Иванов Н.А., Пластинина М.В.	Физика. Самостоятельная работа студента: учебное пособие для СПО	М.: Издательство Юрайт, 2023. – 168 с.	<a href="https://urait.ru/bcode/513708">https://urait.ru/ bcode/513708</a>
2.	Мусин Ю.Р.	Физика: механика: учебное пособие для СПО	М.: Издательство Юрайт, 2023. - 262 с	<a href="https://urait.ru/bcode/514401">https://urait.ru/ bcode/514401</a>
3.	Трофимова Т.И.	Руководство к решению задач по физике: учебное пособие для СПО	М.: Издательство Юрайт, 2023. – 265 с.	<a href="https://urait.ru/bcode/511597">https://urait.ru/ bcode/511597</a>
4.				
<b>Б) Официальные издания: сборники законодательных актов, нормативно - правовых документов, кодексов РФ</b>				
1.	Единицы физических величин ГОСТ 8.417-81 ГСИ <a href="http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&amp;base=STR&amp;n=8740#04464604755642214">http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&amp;base=STR&amp;n=8740#04464604755642214</a>			
<b>В) Периодические издания</b>				
1.	Квант: научно-популярный физико-математический журнал -			

	<a href="http://kvant.mccme.ru">http://kvant.mccme.ru</a>
<b>Г) Справочно-библиографическая литература</b>	
1.	Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 1: справочник для среднего профессионального образования / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 380 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04009-8. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/434439">https://urait.ru/bcode/434439</a>
2.	Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 2: справочник для среднего профессионального образования / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 396 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04011-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/434441">https://urait.ru/bcode/434441</a>
3.	Физический энциклопедический словарь <a href="http://www.all-fizika.com/encykloped/index.php">http://www.all-fizika.com/encykloped/index.php</a>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к одной или нескольким электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам) и к электронной информационно-образовательной среде университета (<http://e-dgunh.ru>). Электронно-библиотечная система (электронная библиотека) и электронная информационно-образовательная среда обеспечивает возможность доступа, обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», как на территории образовательной организации, так и вне ее.

Для освоения дисциплины «Физика» могут быть использованы материалы следующих интернет-сайтов:

- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. <http://fcior.edu.ru/>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». - <http://window.edu.ru/>
- Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. <http://school-collection.edu.ru/>
- Научная электронная библиотека (НЭБ). <http://www.elibrary.ru>  
КиберЛенинка. <http://cyberleninka.ru/>
- Тренажер "Облако знаний". <https://oblakoz.ru/>
- Образовательная онлайн-платформа «Учи. ру» <https://uchi.ru/>
- Электронные учебные материалы для учителей и школьников от «1С.Урок» <https://urok.1c.ru/>

## **Перечень лицензионного программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных**

### **Необходимый комплект лицензионного программного обеспечения**

- Windows 10
- Microsoft Office Professional
- Adobe Acrobat Reader DC
- VLC Media player
- 7-zip

### **Перечень информационных справочных систем**

- Справочная правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru/>;

### **Перечень профессиональных баз данных**

Открытый банк тестовых заданий <https://ege.fipi.ru>