

Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова

**Кузьмичева А.Е., Козлов В.С., Кажмуканова Д.М.**

# **ФИЗИКА В ЗАДАЧАХ.**

## **Элективный курс**

*Учебно-методическое пособие*

Уральск, 2021

УДК 53 (075.8)  
ББК 22.3М73  
К 89

**Авторы:**

**Кузьмичева А.Е.**, кандидат физико-математических наук,  
профессор ЗКУ им. М. Утемисова  
**Козлов В.С.**, магистрант ЗКУ им. М. Утемисова  
**Кажмуканова Д.М.**, магистрант ЗКУ им. М. Утемисова

**Рецензенты:**

**Гумаров Г.С.**, доктор технических наук, профессор  
**Курманалина Ш.Х.**, доктор педагогических наук, доцент  
**Кусаинов Р.К.**, кандидат педагогических наук, профессор

**Кузьмичева А.Е., Козлов В.С., Кажмуканова Д.М.**

**К 89 Физика в задачах. Элективный курс:** Учебно-методическое пособие / А.Е. Кузьмичева, В.С. Козлов, Д.М. Кажмуканова – Уральск: РИЦ ЗКУ им. М. Утемисова, 2021. – 105 с.

ISBN 978 -601 -266 -494 -2

Учебно-методическое пособие содержит программу, syllabus и дидактические материалы к предлагаемому элективному курсу «Физика в задачах». Программа и syllabus предполагают решение задач традиционным методом и в технологии задачных ситуаций. Дидактические материалы содержат методические рекомендации по анализу и решению задачных ситуаций. Его содержание может быть полезным студентам, преподавателям ВУЗа, а также учащимся и учителям СОШ.

*Рекомендовано к публикации ученым советом  
Западно-Казахстанского университета им. М. Утемисова.  
Протокол №4 от 28 декабря 2020 года*

УДК 53 (075.8)  
ББК 22.3М73

ISBN 978 -601 -266 -494 -2

© Кузьмичева А.Е., Козлов В.С., Кажмуканова Д.М., 2021.  
© ЗКУ им. М. Утемисова, 2021.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Роль и место задач в обучении физике</b> .....	6
1.1 Задачи в содержании обучения физике.....	6
1.2 Физика в задачных ситуациях .....	7
1.3 Знаковая форма содержания физической науки.	
Математический аппарат физики.....	11
<b>2. Планирование элективной дисциплины «Физика в задачах»</b> .....	19
1.1 Программа дисциплины .....	19
2.2. Силлабус по дисциплине Элективный курс «Физика в задачах».....	21
<b>3. Дидактические материалы</b> .....	40
3.1 Механика.....	40
3.2. Термодинамика. ....	55
3.2.1 Анализ термодинамических процессов. ....	56
3.2.2 Энергетический анализ термодинамических процессов циклов. ....	59
3.3. Электричество и магнетизм. ....	66
3.3.1 Электрические цепи (исследование характеристик цепи).....	66
3.3.2. Электромагнитная индукция .....	80
3.4 Оптика .....	86
3.4.1. Геометрическая оптика .....	86
3.4.2. Интерференция и дифракция.....	98
<b>Заключение</b> .....	103
<b>Список использованных источников</b> .....	104

## Введение

Физика является фундаментом естествознания, дающим представление о естественно-научной картине мира. Физическая наука в настоящее время представляет собой совокупность фундаментальных экспериментов, теорий, на основе которых строится физическая картина мира и которые являются основой научно-технического прогресса. Эти теории и эксперименты положены в основу содержания обучения физике в школе и ВУЗе. Более глубокому усвоению, пониманию предмета способствует решение различного типа задач. Решение задач способствует формированию и развитию физического мышления, исследовательских и творческих навыков, реализации целей и задач обучения физике. На любом этапе обучения задачи должны быть стимулом к активизации мыслительной деятельности обучаемых, развития интереса к предмету. Решение задач требует применения знаний и, следовательно, расширяет и углубляет их. Задачи в наибольшей степени способствуют реализации целей и задач компетентностного подхода в обучении.

Элективный курс «Физика в задачах» изучается на 6-м или 7-м семестрах обучения, когда студенты изучили курс общей физики и основы методики ее преподавания. Силлабус разработан в соответствии с требованиями НМС университета. Особенностью содержания являются модули, включающие решение задач методом задачных ситуаций. Они требуют от обучаемых большей самостоятельности, активности, логического мышления, актуализации необходимых знаний, умения формулировать проблему, планирования путей ее решения. Обучаемым предлагается по заданной ситуации сформулировать условия и требования. Подобные задачи относятся к классу «исследовательских задач» [1, с.182]. Содержание каждой задачи опирается на проявление одного или нескольких фундаментальных законов в конкретной ситуации. Решение задач приводит к систематизации знаний, приобретению навыков использования известных методов их решения, но главное – это заинтересованное отношение к этому процессу учителя и ученика, эмоциональность.

Предлагаемая программа элективного курса, его силлабус и содержание задач допускают альтернативу: возможна замена

структуры, отдельных тем или заданий. Главное – сохранение идеи: проведение значительной части занятий по методике задания задачных ситуаций с их разверткой самими обучаемыми.

Пособие разрабатывалось в течение несколько лет. В обсуждении и апробации его содержания принимали участие студенты, будущие учителя физики и преподаватели. Работа со студентами позволила из всех рассматриваемых ситуаций отобрать в пособие те, которые вызвали их наибольший интерес. Всем участникам выражаем глубокую благодарность.

# 1. Роль и место задач в обучении физике

## 1.1. Задачи в содержании обучения физике

Задача – это проблемная ситуация. Такие ситуации возникают в реальных условиях в процессе практической деятельности человека, познания им окружающей действительности. Это естественные задачи. Среди них выделяют научные задачи, поиск решения которых относится к проблемам фундаментальной физической науки. В содержание обучения физике входят учебные задачи, решение которых неизвестно только для обучаемого [2, с.29]. Цель решения таких задач – закрепление, углубление, расширение знаний учащихся, освоение процесса познания, формирование компетенций, необходимых для будущей практической деятельности. Чтобы научиться решать задачи, надо понимать сущность решения. Задачи решаются не только и не столько ради получения ответа. Задача представляет собой требование или вопрос, на который надо найти ответ, опираясь на условия, указанные в задаче, и соответствующие им физические понятия, формулы и законы [3, с.6]. Это традиционная задача, которая формулируется в виде условия, содержащего утверждение и требование [2, с.31]. Современным требованиям образования соответствует включение в содержание обучения задачных ситуаций без конкретного утверждения и требования (условие). Решение таких задачных ситуаций включает разработанный и представленный далее элективный курс «Физика в задачах» (силлабус и дидактические материалы).

Процесс решения задач – применение теоретических знаний к условиям задачи. Рассматриваемое в задаче реальное явление подводится под идеальное, для которого в теории есть законы или формулы. Это перемоделирование задачи. При решении физических задач необходимо учитывать границы применимости теории, которая используется в анализе данной задачной ситуации. Большинство физических законов и связей физических величин имеют математическую форму: функции, уравнения. Это требует от обучаемых выполнения различных математических преобразований, решения уравнений или систем уравнений. Использование математического аппарата позволяет не только решать задачи. Оно расширяет представление обучаемых о физических явлениях,

выражаемых на языке математики. Это могут быть не только аналитические выражения, но и графические. Процесс решения традиционной задачи и его этапы подробно изложены и представлены в виде таблицы в работе [2, с. 63, 75]. В методических рекомендациях приводится в основном задачи в форме задачных ситуаций и небольшое количество традиционных задач.

## **1.2. Физика в задачных ситуациях**

Решение задач является важной составляющей содержания обучения физике. Поэтому методике обучения их решения уделяется большое внимание при подготовке учителя физики. Роль и место решения физических задач различна в зависимости от поставленной цели. Нами рассматривается решение задач с целью формирования представлений о целостной системе физической науки. В системе физической науки важной составляющей являются методы познания. Предлагается метод решения задач в форме задачной ситуации, для которой обучаемый формулирует условие и требование, то есть определяет, что может быть дано и что можно найти. Например, может быть предложено ситуация в форме уравнения механического движения, диаграммы ( $p$ ,  $V$ ) циклического процесса или таблицы значений давления при различных объемах, полученных в результате эксперимента и т.п. Этот метод обучения через анализ и решение поставленных перед обучаемыми задачных ситуаций позволяет не только закрепить, углубить и расширить знания, но и обратить внимание на сам процесс познания. При решении задач необходимо, чтобы внимание учителя и ученика было направлено не на получение конечного результата, ответа, а на понимание задачной ситуации, ее анализа, формулировки возможных условий и проблем, то есть вопросов, на которые можно найти ответ, и поиск путей решения, требующий актуализации и систематизации знаний. Приобретение обучаемыми навыка формулировки проблемы и поиска путей ее решения являются составной частью современного компетентностного подхода в обучении.

Задачные ситуации учитель может сформулировать на основе изучаемого теоретического материала и задач, предлагаемых в большом количестве соответствующих сборников. Следует

обратить внимание на то, что во многих случаях формулировка задачной ситуации соответствует технологии укрупнения дидактических единиц (УДЕ). Укрупненная дидактическая единица – это клеточка учебного процесса, состоящая из различных элементов, обладающих информационной общностью. УДЕ обладает качествами системности и целостности, устойчивостью к сохранению во времени и быстрым проявлением в памяти. Эта технология представляет собой четыре последовательных и взаимосвязанных этапа: составление, выполнение, проверка, переход к более сложному упражнению. В задании физической ситуации и ее решении, как и в технологии УДЕ, важно обратить внимание на последовательность в обучении: решение обычной «готовой» задачи, составление обратной задачи и ее решение, составление аналогичной задачи, обобщение или расширение задачи [4 с. 9, с. 16 – 17]. Это означает, что задание сложной задачной ситуации предполагает наличие умений и навыков учащихся в решении более простых ситуаций, а также традиционных задач с заданием условия «дано» и требованием «найти».

Автор технологии УДЕ рассматривает ее с точки зрения возможности развития всех сфер личности, прежде всего интеллектуальной. Эта технология направлена на обеспечение глубокого и сознательного овладения знаниями, приведение огромного психофизиологического резерва головного мозга. Идея УДЕ соответствует тенденции интеграции и синтеза информации. Разнесенные по разным разделам вопросы требуют интеграции для выявления общности законов природы. В пределах крупной единицы становится понятной связь различных элементов системы, перехода от одного элемента к другому. Например, задание анализа термодинамического цикла, то есть замкнутого процесса, позволяет к одной задачной ситуации применить знания газовых законов термодинамики (уравнения состояния, законы изопроцессов), первого закона термодинамики как закона сохранения энергии применительно к тепловым процессам, особенностям изменения внутренней энергии газа и совершаемой им работы при различных процессах, особенностям теплообмена. Технология УДЕ предполагает совместное изучение родственных разделов, обращение упражнений, самостоятельное составление упражнений на основании сравнения, обобщения, аналогии и др. Технология УДЕ обеспечивает историческую и логическую связь. Она обеспечивает целостность и



осмысленность знаний. Автор видит возможности использования УДЕ, разработанной применительно к обучению математике, в обучении другим предметам. Одно из требований УДЕ – обязательный учет параллельного функционирования различной информации, чтобы расширение и углубление знаний было результатом деятельности всего мозга обоих его полушарий. Эффективность технологии УДЕ подтвержденная на практике. Объясняется тем, что запоминание крупного блока знаний, совершается в пределах активной фазы оперативной памяти (20 – 30 мин), то есть в течение урока, лекции. Более глубокому и осознанному усвоению материала способствует метод одновременного рассматривания нескольких противоположных по характеру явлений и зависимостей в сравнении друг с другом (последовательное и параллельное соединение резисторов, механические и электромагнитные колебания, линзы)[5, с. 5 – 12, с. 77]. Структура и содержание физики позволяют эффективно использовать технологию УДЕ, разработанную для обучения математике.

При подготовке к уроку в школе или к занятию в вузе преподаватель определяет цели и задачи, а так же планирует этапы урока. На занятиях по решению задач, как и на других видах занятий, важную роль играет этап актуализации знаний, то есть подготовка обучаемых к восприятию нового материала. Актуализация может быть проведена в форме короткого физического диктанта или устного опроса, позволяющего восстановить ранее приобретенные знания, умения и навыки: основные понятия, относящиеся к теме занятия, физические величины и единицы измерения, законы в вербальной и математической формулировке в виде формул и графиков. Необходимо обратить внимание на то, что формулировка задач, задачных ситуаций опирается на соответствующие наблюдения и эксперименты. При решении задач важно формирование умения мысленного моделирования задачных ситуаций: объекты задачи, протекающие с ними процессы, их роль в содержании задачи, измерительные приборы и т.п.[1, с. 33]

Согласно рекомендациям авторов учебных пособий, в том числе [2, с. 160], эффективность решения физических задач зависит от степени активизации учебной деятельности учащихся. Предлагаемые задачные ситуации способствуют активизации поисковой деятельности обучаемых с начального этапа решения. В большинстве ситуаций от обучаемых требуется осмысление их с

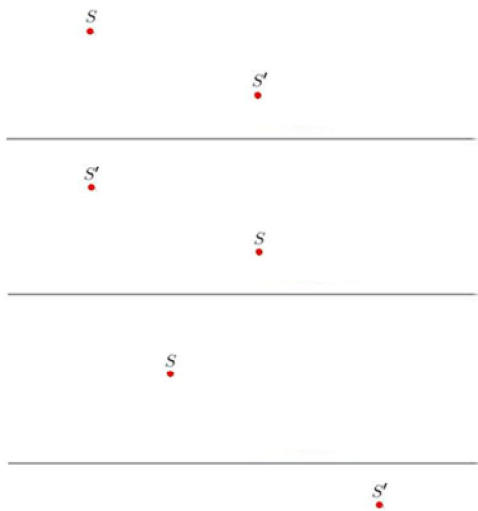
точки зрения понимания того, что может быть известно и какие вопросы могут быть поставлены. Это требует логического осмысления ситуации, ее эвристического, то есть познавательного компонента. Содержание и решение таких задач близко к творческим задачам, способствует активизации поисково-исследовательской деятельности, повышает внутреннюю мотивацию.

При анализе задачных ситуаций можно применить некоторый общий алгоритм, то есть последовательность действий:

1. определить, к какому разделу физики и к какой области знаний относится заданная ситуация;
2. провести актуализацию знаний (что я знаю из этой области?);
3. выявить информацию о заданной ситуации;
4. сформулировать вопросы, ответ на которые можно получить из данной ситуации (что я хочу знать?);
5. приступить к поиску ответов на сформулированные вопросы

*Рассмотрим конкретный пример задачной ситуации:*

**Задачная ситуация.** Горизонтальная линия – главная оптическая ось линзы,  $S$  – источник,  $S'$  – изображение.



*Рис.1. Построение изображений в линзе*

#### **Анализ ситуации:**

1. область знаний: геометрическая оптика, построение изображения в линзах
2. актуализация знаний (что я знаю из этой области?)
  - линзы бывают собирающие и рассеивающие;
  - изображения могут быть действительными и мнимыми, прямыми и обратными, увеличенными и уменьшенными;
  - мнимые изображения всегда прямые (по одну сторону от оси), действительные изображения всегда обратные (перевернутые)

- в собирающей линзе изображения могут быть и действительным, и мнимым, либо не существовать вообще; в рассеивающей – изображения всегда мнимые;

- мнимые изображения в собирающей линзе всегда увеличенные, а в рассеивающей – уменьшенные;

- действительное, увеличенное изображение в собирающей линзе при условии  $F < d < 2F$ , уменьшенное – при  $d > 2F$ , равное – при  $d = 2F$ ; мнимые – при  $d < F$ , *не существуют – при  $d = F$* ;

- линия, соединяющая источник и изображение, пересекает главную оптическую ось в центре тонкой линзы;

3. информация о заданной ситуации (что я знаю о ситуации?):

- выявить по рисункам вид изображения

- сформулировать вопросы и ответы на них:

- на каких рисунках линза собирающая, на каких - рассеивающая?

- оценить расстояние предмета до линзы

- найти графически положение линзы на главной оси и ее фокуса

- измеряя расстояние  $d$  и  $f$ , можно по формуле тонкой линзы вычислить фокус линзы и сравнить его с полученным графически

Дополнением к данной задачной ситуации может быть решение традиционных задач. На основе этого делается вывод относительно каждого рисунка: линза собирающая или рассеивающая, изображение действительное или мнимое, прямое или обратное, увеличенное или уменьшенное, на каком расстоянии от линзы по сравнению с фокусным находится предмет.

### **1.3. Знаковая форма содержания физической науки.**

#### **Математический аппарат физики.**

Содержание обучения физике определяется содержанием фундаментальной физической науки. Ее развитие тесно связано с использованием математического аппарата, который позволяет в знаково – символической форме выразить взаимные связи физических величин, определяющих то или иное явление. Важна и другая сторона межпредметной связи физики с математикой. В процессе обучения формируются умения видеть физическое

явление за математической формулой, графиком. Знаки в физике используются для выражения научных понятий, способов действия с изучаемыми объектами. Язык математики позволяет получать новую информацию об исследуемом явлении. Знаковая форма физического содержания дает возможность проведения анализа при исследовании результатов эксперимента и процессов в окружающем мире. Использование знаковой наглядности позволяет формировать навыки исследования, развивать творческие способности. Структура, система физической науки отражает структурные уровни материи, на каждом из которых есть свои специфические законы, выражающиеся в системе математических знаков. Но природа едина. Это можно видеть в наличии математической аналогии в описании физических явлений различной природы.

Рассмотрим некоторые аспекты использования знаковой формы физического содержания в профессиональной подготовке учителя физики. В современных условиях обновления содержания и технологий обучения решение задач, которые составляют важную часть обучения физике, целесообразно представлять в форме задачных ситуаций. Анализ этих ситуаций с использованием известной технологии УДЕ (укрупнение дидактических единиц) способствует интеграции, синтезу информации, полученной учащимися при изучении различных разделов физики. При переходе к укрупненным темам, объединяющим группы родственных понятий, в сознании учащихся возникают качественно новые знания, достигается их целостность и осмысленность. [1, с5]. Одновременное рассмотрение нескольких явлений и зависимостей в сравнении и сопоставлении их друг с другом способствует более глубокому и осознанному усвоению материала. Технологию УДЕ особенно целесообразно применять при повторении, обобщении учебного материала [1, с 77]. Автор приводит соответствующие примеры использования аналитического и графического методов анализа задач кинематики и динамики с различными траекториями движения тел. В Образовательной программе (ОП) бакалавриата технология УДЕ может быть особенно эффективна на занятиях практикумов по решению задач.

Математический аппарат физики удобен для упражнений в творческих умозаключениях. Один из методов познания - метод аналогий, метод создания крупных блоков знания. Сравнения по

аналогии основаны на сравнении явлений, процессов или отдельных объектов, взятых из различных областей знаний [2,с7]. При изучении физики это может относиться к явлениям из ее различных разделов. Анализ таких явлений по аналогии способствует возникновению эффекта ассоциативного или логического мышления [2,с11]. В процессе обучения в школе и подготовке учителя физики в Вузе целесообразно включать задания, направленные на формирование у обучаемых видения межпредметных связей физики и математики, умения видеть физику в формулах и графиках.

В качестве первого примера использования метода аналогии рассмотрим задачные ситуации: анализ математических выражений физических законов, поиск аналогий. На этапе актуализации обращаем внимание на формы возможной функциональной зависимости величин в математике, их аналитическое и графическое представление. Выделяем линейную связь и прямую пропорциональность, степенную в том числе квадратичную зависимость, экспоненциальную. Обращаем внимание на различие линейной и прямо пропорциональной зависимостей, которые имеет особенно важное значение, например, при анализе термодинамических процессов.

**Задачная ситуация 1.** Прямо пропорциональная зависимость физических величин в механике, состояние физической системы или процесс.

**Цель:** используя приобретенные знания и различные источники информации, выделить прямо пропорциональные связи физических величин.

**Актуализация знаний:** понятие прямой пропорциональности в математике

$$y \sim x, \quad \Rightarrow \quad \frac{y}{x} = k \quad \text{или} \quad y = kx, \quad k = const$$

### **Выполнение задания**

**А)** Примеры прямой пропорциональности физических величин

$$\begin{aligned} S = vt, & \Rightarrow S \sim t, & \text{если} & \quad v = const \\ P = mv, & \Rightarrow P \sim v, & \text{если} & \quad m = const \\ F = kx, & \Rightarrow F \sim x, & \text{если} & \quad k = const \end{aligned}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1}{m}F \Rightarrow a \sim F, \quad \text{если} \quad m = const$$

$$M = Fd, \quad \Rightarrow \quad M \sim F, \quad \text{если} \quad d = const$$

$$M \sim d, \quad \text{если} \quad F = const$$

$$A = FS \cos \alpha \Rightarrow A \sim S, \quad \text{если} \quad F = const, \quad \alpha = const$$

$$W = \frac{3}{2}kT \quad W \sim T, \quad k = const$$

$$j = \lambda E, \quad j \sim E \quad \text{если} \quad \lambda = const$$

$$I = \frac{U}{R} \quad I \sim U, \quad \text{если} \quad \frac{1}{R} = const$$

В различных разделах физики можно найти и другие примеры прямой пропорциональности понимание учащимися математического смысла такой зависимости позволяет учащимся достаточно легко отвечать на вопросы, как изменяется одна величина при заданном изменении другой.

Прямая пропорциональность является частным случаем линейной зависимости, которая также имеет место между физическими величинами. Поэтому имеет смысл на этапе актуализации обратить внимание на различия и общность этих связей.

**Задание СРС.** Предлагается рассмотреть соответствующие примеры задачных ситуаций в графическом изображении функциональной связи различных физических величин – *Рис.2*.

Обучаемым предлагается провести анализ заданных ситуаций, записать в аналитической форме графические связи, выделить линейные и прямо пропорциональные зависимости, объяснить их физический смысл.

Для закрепления понимания характера связи физических величин в практике обучения рекомендуются задания типа: как изменяется данная физическая величина при известном изменении другой величины. Выполнение такого задания предполагает актуализацию знаний о данных величинах. Такой связи может и не быть. Например, период колебаний математического маятника не зависит от массы колеблющегося тела. Это утверждение относится только к условиям применимости понятия математического маятника. Иначе система рассматривается как физический маятник с другой формулой периода колебаний.

При анализе функциональных связей двух величин следует обращать внимание на другие величины, входящие в формулу или закон.

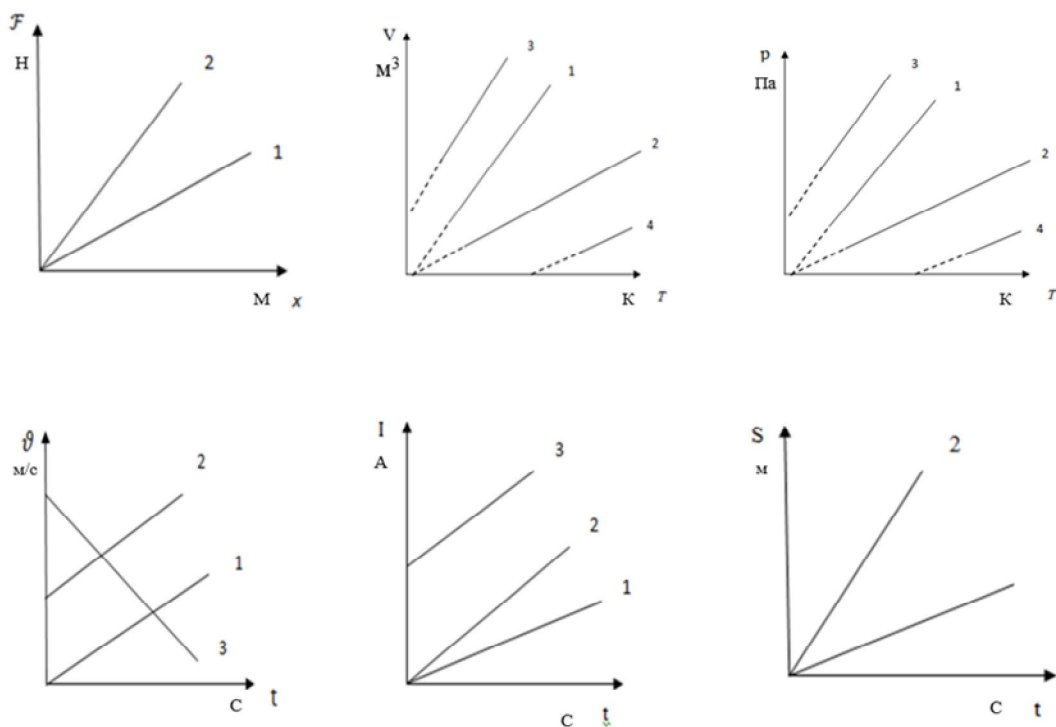


Рис.2. Графическое задание задачных ситуаций

Например, в формуле средней кинетической энергии молекулы коэффициент пропорциональности «к» – универсальная постоянная Больцмана, а в законе Гука «к» - жесткость пружины таковой не является. По закону  $P = nkT$  давление  $P \sim T$ , если  $n = \text{const}$ . Энергия магнитного поля тока пропорциональна  $I^2$ , если индуктивность системы не изменяется. Анализируя зависимость энергии конденсатора от его заряда необходимо обратить внимания на то, что происходит с напряжением между его обкладками. Энергия заряженного конденсатора пропорциональна  $q^2$  или  $U^2$ , если не изменяется емкость.

В процессе обучения преподаватель, используя имеющиеся учебники, учебные пособия, сборники задач может разработать систему задачных ситуаций, привлечь к этой работе обучаемых. Составление задачных ситуаций их анализ и решение может быть в форме заданий для самостоятельной работы.

**Задания** для самостоятельной работы обучаемых по выявлению аналогичных функциональных связей в различных разделах физики: экспоненциальная зависимость, показательная типа  $y \sim x^{\frac{1}{2}}$ ,  $y \sim x^{\frac{3}{2}}$  и др. При анализе квадратичной зависимости

обратить внимание на энергию различных физических систем:

$$\frac{mv^2}{2}, \frac{kx^2}{2}, \frac{q^2}{2C}, \frac{CU^2}{2}, \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}, \frac{B^2}{2\mu\mu_0}, \frac{LI^2}{2}$$

**Задачная ситуация 2.** Соединения однородных элементов физической системы.

**Задание** анализ знаковой формы определения общих характеристик системы, выявление аналогии.

Соединения однородных элементов используются на практике и в задачах различных разделов физики, в различных задачных ситуациях. В механике – движение связанных тел по горизонтальной и наклонной плоскости, или переброшенных через блок. В анализе аналогий физических законов, описывающих физические явления различной природы, можно рассмотреть последовательные и параллельные и смешанные соединения пружин, резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, источников тока и соединения однородных элементов.

**Выполнение** задания. Для каждой системы однородных элементов:

- выявить характеристики, связи между ними;
- провести анализ характеристик при последовательном соединении;
- провести анализ характеристик при параллельном соединении;

Совместно с обучаемыми можно разработать таблицу представления результатов анализа заданной ситуации. Она может быть следующего вида. Рассмотреть  $k$ ,  $R$ ,  $C$ ,  $L$  при различных соединениях. Соединения источников тока представлено в отдельной задаче.

*Таблица 1. Общность знаковой формы при последовательном и параллельном соединениях физических элементов*

№	Объект	Характеристики	Соединение	Законы
1	Пружина	$F, k, x$	Последовательное	$F_1 = F_2 = F_3 = \dots$ $x = x_1 + x_2 + x_3 + \dots$ $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots$



			Параллельно	$F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$ $x_1 = x_2 = x_3 = \dots$ $k = k_1 + k_2 + k_3 + \dots$
2	Конденсаторы	$C, q, U$	Последовательно	$q_1 = q_2 = q_3 = \dots$ $U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$
			Параллельно	$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$ $U_1 = U_2 = U_3 = \dots$ $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$
	Резисторы	$R, I, U$	Последовательно	$I_1 = I_2 = I_3 = \dots$ $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$ $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$
			Параллельно	$U_1 = U_2 = U_3 = \dots$ $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$
3	Катушка индуктивности	$L, I$	Последовательно	$I_1 = I_2 = I_3 = \dots$ $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$ $L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$
			Параллельно	$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ $U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$ $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots$

**Задание.** Провести анализ приведенных в таблице законов. Сделать выводы. Можно продолжить исследование. Например, в законе Ома  $I = \frac{1}{R} \cdot U$ , то есть коэффициентом пропорциональности между  $I$  и  $U$  является величина  $\frac{1}{R}$ . Если ввести характеристику электроводности  $\Omega = \frac{1}{R}$ , тогда  $I = \Omega U$ . Закон сложения  $\Omega$  обратный закону сложения  $R$ . В законе Гука  $F = kx$  сила упругости  $F \sim$  величине деформации  $x$ . Но если рассматривать зависимость величины деформации от величины приложенной силы  $F$ , то  $x = \frac{1}{k} F$ . Тогда вместо « $k$ » ввести  $\frac{1}{k} = b$  (мягкость пружины), то  $x = bF$ , величина « $b$ » складывается обратно закону сложения « $k$ ». Из

этого следует вывод: исследование соединений физических объектов заставляет более глубоко задуматься над физическим смыслом коэффициентов, входящих в исследуемые зависимости. Тогда более понятно становится, почему складываются одинаковые пары  $(R, L)$  и  $(C, k)$ , что общего в каждой из этих пар.

В заключение еще раз обратимся к технологии УДЕ. Разработанная на основе математики эта технология очень эффективна в обучении физике, в том числе, в использовании метода аналогий. Как отмечалась выше, материал, представленный в математической форме, по своему содержанию очень удобен для упражнений в творческих умозаключениях по аналогии. Использование метода аналогии в истории физики можно видеть, например, в терминах теплоемкость, электроемкость. Гравитационное взаимодействие масс и взаимодействие электрических зарядов выражаются законами одного вида. Сходство формул отражает не раскрытое еще учеными общность в свойствах и природе соответствующих полей [2, с.10]. Автор отмечает также, что в творчестве ученых любой отрасли науки умозаключения по аналогии являются основой для разработки новых гипотез и выявления новых закономерностей. Математическая символика в физике способствует развитию науки и ее пониманию в процессе обучения.

Процесс решения любой физической задачи, анализ задачных ситуаций в доступной форме изложен в работе [3, с.85]. Студентам, учителям физики рекомендуется использование всех глав этого учебно – методического пособия. Оно, безусловно, поможет пониманию сущности решения задач, методов, способов и приемов.

#### Литература:

1. Эрдниев П.М. Укрупнение дидактических единиц как технология обучения Часть 1. – М.: Просвещение, 1992. – 176 с.
2. Эрдниев О.П. От задачи к задаче – по аналогии. – М.: АО «Столетие», 1998. – 288 с.
3. Дамитов Б.К. Методика обучения решению задач по физике. – ЗКГУ.: - 2002г. – 216 с.

Далее рассмотрим задачные ситуации в различных разделах физики.

## **2. Планирование элективной дисциплины «Физика в задачах»**

В Образовательную программу (ОП) бакалавриата введен элективный курс «Физика в задачах». Планирование дисциплины осуществляется на основе рекомендаций НМС университета и включает разработку программы и курса, которые рассматриваются и утверждаются учебно-методическим советом ЗКУ им. М.Утемисова. Программа охватывает различные разделы физики. Физика – наука обширная. В содержании обучения включаются теоретические вопросы и задачи по различным темам. В разработанных материалах рекомендованные темы и задачи могут изменяться по усмотрению ведущего преподавателя с учетом конкретных условий обучения. Содержание элективного курса разделено на 3 модуля: модуль 1 (теоретический) «Задачи в обучении физике»; модуль 2 «Планирование элективной дисциплины «Физика в задачах»; модуль 3 «Задачи в задачах ситуациях».

### **2.1. Программа дисциплины Пояснительная записка**

**Актуальность.** Решение задач является составной частью всех этапов обучения физике на всех ее уровнях. Их цели, место в процессе обучения рассматриваются в теории и методике обучения физике при подготовке бакалавра образования. Предлагаемый элективный курс «Физика в задачах» является дополнением к дисциплинам методического цикла. Он имеет принципиальное отличие от традиционной дисциплины «Практикум решения физических задач». Данный курс направлен на профессиональную подготовку учителя к реализации целей и задач обучения в условиях проводимой реформы образования, обновления его содержания. В программе обновления практическим занятиям и решению задач отводится важное место. Изменяется не только отводимое на них количество часов, но и методические подходы к их решению. Место традиционных задач типа «Дано», «Найти» или «Определить» рекомендуется включение задач с элементами исследования, требующие от обучаемых описания заданной задачной ситуации, формулировки проблемы, вопросов, на которые

можно найти решение. Задачи такого типа способствуют развитию физического мышления, формированию предметных компетенций, необходимых в современных условиях.

**Краткое содержание:** Программа включает анализ методических особенностей задач в содержании обучения. Вопросы этой части программы изучаются в форме семинаров. Вторая часть программы включает различные разделы физики, по которым могут проводиться практические занятия по решению задач традиционным методом и методом задачных ситуаций. Распределение часов зависит от условий их проведения, может быть вариативным.

**Целью изучения курса:** расширение и углубление знаний по предмету, на основе анализа и решения, заданных задачных ситуации, формирование логического мышления и навыков исследования. Для достижения цели изучения курса необходима активизация познавательной деятельности обучаемых.

### Содержание программы

**Задачи в содержании обучения.** Место и роль задач в обучении физике. Классификация задач. Способы задания условия. Методы и способы решения задач. Межпредметные связи. Аналитическое и графическое выражение связей физических величин. Принцип научности в задачах. Особенности решения задач в условиях обновления содержания и методики обучения.

**Механика. Кинематика.** Средняя скорость; относительность движения (встречи, переправы и др.); прямолинейное равномерное движение и движение с ускорением (постоянным и переменным); вращательное движение; метод ДИ в задачах кинематики; аналитическое и графическое задание движения.

**Динамика.** Масса и силы, работа сил; законы сохранения импульса и энергии; тело на наклонной плоскости; связанные тела; движение в поле силы тяготения: гравитация, движение ИСЗ и других космических аппаратов; движение планет; динамика твердого тела, момент силы и момент инерции.

**Статика.** Равновесие тел, не имеющих осей вращения; равновесие тел, имеющих осей вращения; простые механизмы; центр тяжести.

**Гидростатика.** Законы Архимеда и Паскаля; сообщающиеся сосуды; законы Архимеда и Паскаля (газовые законы в гидростатике).

**Молекулярно – кинетическая теория (МКТ) и термодинамика.** Газовые законы и законы МКТ; макросистема в МКТ; смесь газов, диссоциация; распределение Максвелла. Анализ процессов по термодинамическим диаграммам; тепловые двигатели; влажность, насыщенный и ненасыщенный пары; газовые законы гидростатике; поверхностное натяжение; твердые тела.

**Электричество и магнетизм.** Электростатика: заряды и поле; взаимодействие зарядов; проводники и диэлектрики в электростатическом поле; электрические цепи постоянного тока: элементы цепи, КПД и полезная мощность; электролиз; электрический колебательный контур; электрическая цепь переменного тока; генераторы, двигатели, трансформаторы; ЛЭП (линии электропередач); шкала ЭВМ.

**Оптика. Физика атома и ядра.** Волновые и квантовые свойства света; геометрическая оптика; оптические приборы, глаз и очки; механика в оптике; спектры; структура атома, энергия связи.

## 2.2. Силлабус по дисциплине Элективный курс «Физика в задачах»

### 1. Данные о дисциплине:

Всего кредитов	4
Курс	4
Семестр	7
Форма итогового контроля	Экзамен
Лекции (часов)	—
Практические (семинарские, лабораторные) занятия (часов)	60
СРСП (часов)	60
СРС (часов)	60
Итого часов	180

**Цель:** совершенствование профессиональной подготовки будущего учителя на основе содержания и методики решения задач.

**Задачи курса:**

- Углубление и расширение знаний предмета через решение задач;
- Закрепление знаний о методах и способах решения задач, их применение на практике;
- Освоение технологии задачных ситуаций, востребованной в условиях обновления содержания образования;

**Ожидаемые результаты обучения:**

По завершению курса студенты должны

**знать:**

- ✓ роль задач в содержании обучения, их классификацию;
- ✓ сущность процесса решения задач, взаимосвязь теории и практики;
- ✓ методы и способы решения задач;

**уметь:**

- ✓ анализировать условие и требование задачи, заданной в традиционной форме и в форме задачной ситуации;
- ✓ записать условие и требование в знаковой форме;

**приобрести навыки:**

- ✓ применения теоретических знаний к решению проблем;
- ✓ решение задач традиционной формы и задачных ситуаций;
- ✓ использование аналитического и графического математического аппарата в решении поставленной задачи.

**Пререквизиты:** курс физики СОШ, курс общей физики ВУЗа, теория и методика обучения физике.

**Постреквизиты:** использование полученных ЗУН, в том числе, предлагаемой технологии решения задач в процессах преподавания обучения.

## **2. Политика курса.**

Результат обучения, выражающийся в приобретенных знаниях и умениях, а также в рейтинговых и итоговых баллах, является результатом работы студента, его отношения к учебному процессу, заинтересованности в обучении.

Успешность обучения, качественное и количественное, определяется следующими условиями: посещение занятий, поведение в аудитории, отношение к учебному процессу. Оценивание по 100 – бальной системе: еженедельное по результатам текущих занятий и выполнений домашних заданий, собеседование или контрольная работа по решению задач по модулям, выполнение всех видов заданий.

### 3. Структура и содержание дисциплины:

Не де ля	Семинар/практическое занятие  /лабораторное занятие	СРСП	СРС
<b>Модуль 1. Задачи в обучении физике.</b>			
1	<b>Тема 1:</b> Место и роль задач в обучении физике. Классификация задач. Способы задания условия. Методы и способы решения задач. <b>Методы:</b> репродуктивный, иллюстративный.	<b>Тема:</b> физика в задачах.	<b>Тема:</b> задачи в содержании обучения физике
	<b>Тема 2:</b> Межпредметные связи. Аналитическое и графическое выражение связей физических величин. <b>Методы:</b> репродуктивный, иллюстративный.	<b>Тема:</b> физика в задачах	<b>Тема:</b> задачи в содержании обучения физике
	<b>Тема 3:</b> Принцип научности в задачах. <b>Методы:</b> репродуктивный, иллюстративный.	<b>Тема:</b> физика в задачах	<b>Тема:</b> задачи в содержании обучения физике
	<b>Тема 4:</b> Особенности решения задач в условиях обновления содержания и методики обучения. <b>Методы:</b> репродуктивный,	<b>Тема:</b> физика в задачах	<b>Тема:</b> задачи в содержании обучения физике

	иллюстративный.		
<b>Модуль 2. Задачи в задачах ситуациях.</b>			
2	<b>Тема 5:</b> Кинематика. Равномерное и неравномерное движения. Средняя скорость. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Механическое движение	<b>Тема:</b> Механическое движение
	<b>Тема 6:</b> Кинематика. Относительность движения. Переправа. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Система отсчета. Относительность движения.	<b>Тема:</b> Система отсчета. Относительность движения.
	<b>Тема 7:</b> Кинематика. Относительность движения. Встреча. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Система отсчета. Относительность движения.	<b>Тема:</b> Система отсчета. Относительность движения.
	<b>Тема 8:</b> Равноускоренное движение. Анализ движения по заданному закону. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Равноускоренное и равнозамедленное движение.	<b>Тема:</b> Равноускоренное и равнозамедленное движение.
3	<b>Тема 9:</b> Динамика. Энергия. Силы. Работа силы. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Энергия. Силы. Работа силы.	<b>Тема:</b> Энергия. Силы. Работа силы.
	<b>Тема 10:</b> Динамика. Движение тела под действием силы тяжести. <b>Методы:</b> проблемный,	<b>Тема:</b> Силы тяжести.	<b>Тема:</b> Силы тяжести.



	эвристический, аналитический, аналитико-синтетический		
	<b>Тема 11:</b> Динамика. Законы сохранения энергии и импульса. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Законы сохранения в механике	<b>Тема:</b> Законы сохранения в механике
	<b>Тема 12:</b> Динамика. Силы всемирного тяготения. Космические скорости. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Космические скорости.	<b>Тема:</b> Космические аппараты
4	<b>Тема 13:</b> Термодинамика. Диаграммы термодинамических процессов. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Характеристики и законы термодинамических процессов	<b>Тема:</b> Характеристики и законы термодинамических процессов
	<b>Тема 14:</b> Термодинамика. Энергетический анализ термодинамических процессов, заданных диаграммами. Термодинамика. Энергетический анализ циклов, заданных диаграммами. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Характеристики и законы термодинамических процессов	<b>Тема:</b> Характеристики и законы термодинамических процессов
	<b>Тема 15:</b> Термодинамика. Политропический процесс в табличных данных. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический,	<b>Тема:</b> Политропные процессы. Условия протекания.	<b>Тема:</b> Политропные процессы. Показатель политропы.

	аналитико-синтетический		
	<b>Тема 16:</b> Соединение однородных элементов физической установки в механике и электромагнитизме. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Элементы электрических цепей.	<b>Тема:</b> Элементы электрических цепей.
5	<b>Тема 17:</b> Электричество. Соединения источников в электрической цепи постоянного тока. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Источники в электрической цепи.	<b>Тема:</b> Соединение потребителей в электрической цепи
	<b>Тема 18:</b> Электричество. Измерительные приборы. Исследование электрической цепи постоянного тока. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Амперметры и вольтметры в электрической цепи.	<b>Тема:</b> Амперметры и вольтметры в электрической цепи.
	<b>Тема 19-20:</b> Электрическая цепь. Зависимость полезной мощности от силы тока и напряжения. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Полезная мощность и КПД электрической цепи, их зависимость от сопротивления нагрузки.	<b>Тема:</b> Потери мощности в электрической цепи.
6	<b>Тема 21:</b> Электромагнитная индукция. ЭДС индукции. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Электромагнитная индукция. Условия возникновения.	<b>Тема:</b> Электромагнитная индукция. Условия возникновения.

	<p><b>Тема22:</b> Электромагнитная индукция. Механические и электромагнитные колебания. Взаимные превращение кинетической и потенциальной энергии в колебательных процессах. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический</p>	<p><b>Тема:</b> Аналогия механических и электромагнитных колебаний.</p>	<p><b>Тема:</b> Аналогия механических и электромагнитных колебаний.</p>
	<p><b>Тема 23-24:</b> Метод аналогий. Знаковая форма в содержании задач. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический</p>	<p><b>Тема:</b> Метод аналогий. Знаковая форма в содержании задач. Смысл площади под графиком (работа, в механике и термодинамике, заряд)</p>	<p><b>Тема:</b> Метод аналогий. Линейная и прямо-пропорциональная зависимость, квадратичная зависимость, экспонента.</p>
7	<p><b>Тема 25:</b> Геометрическая оптика. Линзы. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический</p>	<p><b>Тема:</b> Законы отражения и преломления.</p>	<p><b>Тема:</b> Законы отражения и преломления.</p>
	<p><b>Тема 26:</b> Геометрическая оптика. Прохождение света через плоскопараллельную пластину и трехгранную призму. <b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический</p>	<p><b>Тема:</b> Задачи геометрической оптики.</p>	<p><b>Тема:</b> Задачи геометрической оптики.</p>

	<p><b>Тема 27-28:</b> Глаз как оптическая система. Ситуации для дальновзоркости и близорукости</p> <p><b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический</p>	<p><b>Тема:</b> Задачи на подбор очков.</p>	<p><b>Тема:</b> Задачи на подбор очков.</p>
8	<p><b>Тема 29:</b> Волновая оптика. Наблюдение дифракции с помощью дифракционной решетки.</p> <p><b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический</p>	<p><b>Тема:</b> Дифракция. Условия наблюдения дифракции.</p>	<p><b>Тема:</b> Дифракция. Применение дифракции света.</p>
	<p><b>Тема 30:</b> Волновая оптика. Наблюдение интерференции света.</p> <p><b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический</p>	<p><b>Тема:</b> Интерференция света. Методы наблюдения интерференционной картины.</p>	<p><b>Тема:</b> Кольца Ньютона. Зоны Френеля</p>
	<p><b>Тема 31:</b> Квантовая оптика. Фотоэффект.</p> <p><b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический</p>	<p><b>Тема:</b> Двойственная природа света.</p>	<p><b>Тема:</b> Двойственная природа света.</p>
	<p><b>Тема 32:</b> Методы определения фундаментальной <math>h</math>.</p> <p><b>Методы:</b> проблемный, эвристический, аналитический, аналитико-синтетический</p>	<p><b>Тема:</b> Анализ графика фотоэффекта.</p>	<p><b>Тема:</b> Двойственная природа света.</p>
<p><b>Модуль 3. Задачи с традиционными методами решения.</b>  <b>Раздел 1. Статике.</b></p>			

9	<b>Тема 33:</b> Равновесие тел при отсутствии оси вращения. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Законы механики. Равновесие сил.	<b>Тема:</b> Законы механики. Равновесие сил.
	<b>Тема 34:</b> Центр тяжести. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Центр тяжести	<b>Тема:</b> Центр тяжести
	<b>Тема 35:</b> Равновесие тел, имеющих ось вращения <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Вращение тел. Состояние равновесия.	<b>Тема:</b> Вращение тел. Состояние равновесия.
	<b>Тема 36:</b> Простые механизмы. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Простые механизмы.	<b>Тема:</b> Простые механизмы.
<b>Раздел 2. Гидростатика.</b>			
10	<b>Тема 37:</b> Закон Паскаля. Гидравлический пресс. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Жидкости. Закон Паскаля	<b>Тема:</b> Жидкости. Закон Паскаля
	<b>Тема 38:</b> Давление жидкости. Сообщающиеся сосуды. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Сообщающиеся сосуды.	<b>Тема:</b> Сообщающиеся сосуды.
	<b>Тема 39:</b> Атмосферное давление. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Атмосфера как макроскопическая система.	<b>Тема:</b> Атмосфера как макроскопическая система.
	<b>Тема 40:</b> Течение идеальной жидкости. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Течение жидкости и газов закон Бернулли.	<b>Тема:</b> Течение жидкости и газов закон Бернулли.
<b>Раздел 3. Гравитация.</b>			
11	<b>Тема 41:</b> Закон всемирного тяготения. Гравитационное поле планет. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Сила всемирного тяготения.	<b>Тема:</b> Сила всемирного тяготения.
	<b>Тема 42:</b> Законы Кеплера. <b>Методы:</b> аналитический,	<b>Тема:</b> Небесная механика	<b>Тема:</b> Небесная механика

	аналитико-синтетический		
	<b>Тема 43:</b> Космические скорости ИСЗ, КА. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Движение тел в поле силы тяготения	<b>Тема:</b> Движение тел в поле силы тяготения
	<b>Тема 44:</b> Закон всемирного тяготения. Интегрированные задачи.	<b>Тема:</b> Движение тел в поле силы тяготения	<b>Тема:</b> Движение тел в поле силы тяготения
<b>Раздел 4. Газовые законы</b>			
12	<b>Тема 45:</b> Основные уравнения МКТ. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Идеальные газы в МКТ и термодинамике.	<b>Тема:</b> Идеальные газы в МКТ и термодинамике.
	<b>Тема 46:</b> Изопроцессы. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Термодинамические процессы.	<b>Тема:</b> Термодинамические процессы.
	<b>Тема 47:</b> Закон Дальтона. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Газовые законы. Смесь газов.	<b>Тема:</b> Газовые законы. Смесь газов.
	<b>Тема 48:</b> Газовые законы в гиростатике. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Газовые законы в гиростатике.	<b>Тема:</b> Газовые законы в гиростатике.
<b>Раздел 5. Магнетизм.</b>			
13	<b>Тема 49:</b> Магнитные явления. Магнитное поле. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Магнитное поле. Характеристики и законы	<b>Тема:</b> Магнитное поле. Характеристики и законы
	<b>Тема 50:</b> Сила Ампера. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Силы действующие на ток в магнитном поле.	<b>Тема:</b> Силы действующие на ток в магнитном поле.
	<b>Тема 51:</b> Сила Лоренца. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Силы действующие на заряд в магнитном поле.	<b>Тема:</b> Силы действующие на заряд в магнитном поле.
	<b>Тема 52:</b> ЭМИ. Самоиндукция. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Элетромагнитная индукция. Самоиндукция.	<b>Тема:</b> Элетромагнитная индукция. Самоиндукция.

<b>Раздел 6. Метод ДИ в задачах.</b>			
14	<b>Тема 53:</b> Кинематика. <b>Методы:</b> аналитический	<b>Тема:</b> Дифференцирование и интегрирование в физике.	<b>Тема:</b> Дифференцирование и интегрирование в физике.
	<b>Тема 54:</b> Динамика. <b>Методы:</b> аналитический	<b>Тема:</b> Метод ДИ в задачах механики.	<b>Тема:</b> Метод ДИ в задачах механики.
	<b>Тема 55:</b> Метод ДИ в задачах термодинамики. <b>Методы:</b> аналитический	<b>Тема:</b> Метод ДИ в задачах термодинамики.	<b>Тема:</b> Метод ДИ в задачах термодинамики.
	<b>Тема 56:</b> Метод ДИ в задачах магнетизма и электричества. <b>Методы:</b> аналитический	<b>Тема:</b> Метод ДИ в задачах магнетизма и электричества.	<b>Тема:</b> Метод ДИ в задачах магнетизма и электричества.
<b>Раздел 7. Закон сохранения.</b>			
15	<b>Тема 57:</b> Энергия. Работа. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Законы сохранения в задачах.	<b>Тема:</b> Законы сохранения в задачах.
	<b>Тема 58:</b> Импульс. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Законы сохранения в задачах.	<b>Тема:</b> Законы сохранения в задачах.
	<b>Тема 59:</b> Комбинированные задачи. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Законы сохранения в задачах.	<b>Тема:</b> Законы сохранения в задачах.
	<b>Тема 60:</b> Комбинированные задачи. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Законы сохранения в задачах.	<b>Тема:</b> Законы сохранения в задачах.
<b>Дополнительный раздел. Электростатика.</b>			
	<b>Тема 61:</b> Заряд. Дискретность заряда. Закон Кулона. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Свойства электрического заряда. Закон Кулона.	<b>Тема:</b> Свойства электрического заряда. Закон Кулона.

	<b>Тема 62:</b> Напряженность и потенциал электростатического поля. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Напряженность и потенциал электростатического поля.	<b>Тема:</b> Напряженность и потенциал электростатического поля.
	<b>Тема 63:</b> Работа сил электростатического поля. Энергия поля. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Работа сил электростатического поля. Энергия поля.	<b>Тема:</b> Работа сил электростатического поля. Энергия поля.
	<b>Тема 64:</b> Конденсаторы. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Конденсаторы: характеристики, соединения.	<b>Тема:</b> Конденсаторы: характеристики, соединения.
<b>Дополнительный раздел. Постоянный ток.</b>			
	<b>Тема 1:</b> Характеристики цепи. Соединения. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Законы электрических цепей.	<b>Тема:</b> Законы электрических цепей.
	<b>Тема 2:</b> Закон Ома. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Закон Ома в различных формулировках.	<b>Тема:</b> Закон Ома в различных формулировках.
	<b>Тема 3:</b> Закон Кирхгофа. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Расчеты электрических цепей.	<b>Тема:</b> Расчеты электрических цепей.
	<b>Тема 4:</b> Работа и мощность тока. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> КПД, Работа и мощность электрической цепи	<b>Тема:</b> КПД, Работа и мощность электрической цепи
<b>Дополнительный раздел. Оптика.</b>			
	<b>Тема 1:</b> Законы отражения и преломления. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Законы геометрической оптики в задачах.	<b>Тема:</b> Законы геометрической оптики в задачах.



	<b>Тема 2:</b> Линзы. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Построение изображения в тонких линзах. Система линз.	<b>Тема:</b> Построение изображения в тонких линзах. Система линз.
	<b>Тема 3:</b> Механика в оптике. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Механика в оптике.	<b>Тема:</b> Механика в оптике.
	<b>Тема 4:</b> Оптические системы. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Лупа. Микроскоп. Телескоп. Зрительная труба	<b>Тема:</b> Лупа. Микроскоп. Телескоп. Зрительная труба
<b>Дополнительный раздел. Основы СТО. Ядерная физика.</b>			
	<b>Тема 1:</b> Основные положения СТО. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Основные положения классической механики.	<b>Тема:</b> Закон сложения скоростей. Принцип относительности.
	<b>Тема 2:</b> Масса, энергия, импульс в СТО. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Основные уравнения СТО.	<b>Тема:</b> Основные уравнения СТО.
	<b>Тема 3:</b> Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Радиоактивность. Решение задач.	<b>Тема:</b> Радиоактивность. Решение задач.
	<b>Тема 4:</b> Дефект масс. Энергия связи. Законы сохранения в ядерных реакциях. <b>Методы:</b> аналитический, аналитико-синтетический	<b>Тема:</b> Структура ядра. Энергия связи.	<b>Тема:</b> Структура ядра. Энергия связи.

**Примечание:** Дополнительные разделы в зависимости от условия обучения, контингента студентов могут быть даны в качестве СРС, СРСП или включены путем замены в основном курсе модуля 3 в зависимости от глубины рассмотрения в модуле 2.

## 5. Список литературы

### Основная литература.

*Учебные пособия по теории и методике преподавания физике.*

1. Дамитов Б.К. Методика обучения решению физических задач. – Уральск, 2002 г.- 216 с.
2. Бушок Г.Ф. Венгер Е.Ф. Методика преподавания общей физики в высшей школе. – К.: изд. «Освита Украины», 2009 – 415 с.
3. Мастропас З.П., Синдеев Ю.Г. Физика. Методика и практика преподавания. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 288 с.
4. Учебные пособия по курсу общей физики.

### Дополнительная литература.

Учебники, дидактические материалы, сборники задач по физике и астрономии для СОШ.

1. **Мастропас З.П., Синдеев Ю.Г.** физика: Методика и практика преподавания/ Серия «Книга для учителя». – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 288 с.

2. **Попков В.А., Коржуев А.В.** дидактика высшей школы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., испр. И доп. – М: Издательский центр «Академия», 2004. – 192 с.

3. **Ситаров В.А.** Дидактика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений/ Под ред. В.А. Сластенина. – 2-е изд. стереотип. – М: Издательский центр «Академия», 2004. – 368 с.]

4. **П.М. Эрдниев.** Преподавание математики в школе. – М.: Просвещение, 1973. – 304 с. Основные положения техники УДЕ создавались и проверялись в ходе многолетних исследований. [с. 12, **П.М. Эрдниев.** Преподавание математики в школе. – М.: Просвещение, 1973. – 304 с.

## 6. Методические указания для практических (семинарских) занятий/лабораторных занятий.

### Модуль 1. Темы 1-4.

**Цель занятий:** актуализация знаний по теории и методике обучения физике в СОШ и ВУЗе, расширение и углубление имеющихся и приобретение новых знаний по дисциплине, профессиональная ориентация на подготовку учителя физики.

### **Основные вопросы:**

- понятие научной и учебной задачи;
- учебные задачи в содержании обучения;
- структура задач;
- способы задания: текстовое и знаковое (аналитическое, графическое);
- качественные и количественные задачи;
- роль математического аппарата в анализе содержания и решении задач;
- представление задачи в форме мысленного эксперимента;
- абстрактные задачи и задачи с реальным содержанием;
- задачи с историческим и техническим содержанием;
- задачи физической картины мира, живой и неживой природы.

**Форма проведения:** семинар.

**Критерии оценки:** уровень подготовки к занятию; активность в обсуждении, самостоятельность мышления; умение, стремление связать теоретические знания с целями обучения физике в СОШ; аккуратность записей; умение четко формулировать проблему и пути ее решения, выводы; грамотная речь, умение пользоваться знаковой формой выражения задач; своевременная отчетность за занятие, пропуски по уважительной и неуважительной причинам; учет критериев, рекомендуемых НМС университета.

**Литература [1-3]**

## **Модуль 2. Задачи в задачных ситуациях. Темы 5-32.**

### **Цель занятий:**

- приобретение профессиональных навыков решения задач, заданных методом «задачной ситуации»;
- расширение и углубление знаний предмета.

**Основные вопросы.** На этапе актуализации: основные понятия, величины, единицы измерения, законы, графики, диаграммы, схемы и т.п. Вопросы к задаче формулируются совместно с обучаемыми, в соответствии с заданной ситуацией. Модуль включает задачные ситуации по разделам физики.

**Методические рекомендации.** Задачи решаются в соответствии с технологией задачной ситуации, соответствующей требованиям современного этапа реформы образования, обновления

содержания и технологий обучения. Обучаемым предлагается физическая ситуация. Требуется провести анализ ситуации, сформулировать и записать условие в заданной ситуации и вопросы, на которые можно получить ответ при этих условиях. Рекомендуется дополнение условия, с помощью которого можно найти ответы на дополнительные вопросы. Рекомендуется также составление и решение обратных ситуаций в заданиях СРСП и СРС.

Технология задачных ситуаций опирается на технологии «урок одной задачи», «укрупнение дидактических единиц». Эта технология ориентирована на логическое мышление и способствует его развитию. Она направлена на развитие творческих, исследовательских способностей обучаемых.

Анализ задачной ситуации начинается с этапа актуализации знаний: определить область физики, к которой ситуация относится: сформулировать основные понятия, физические величины и единицы измерения, законы, формулы, графические представления, относящиеся к заданной ситуации. При решении задачи может потребоваться дополнительная информация, преподаватель и студенты могут изменять темы и ситуации, предлагать свои.

**Форма проведения:** коллективное обсуждение ситуации с формулировкой вопросов актуализации и логического анализа. Самостоятельная работа на отдельных этапах занятия, индивидуальная или групповая.

**Критерии оценки:** готовность к занятию, знание теории, умения проводить логический анализ ситуации, активность, выполнение домашних заданий; умение формулировать ситуации, предлагать свои ситуации.

**Литература [4-13]**

### **Модуль 3. Задачи с традиционными методами решения. Темы 33-60**

**Цель занятий:** профессиональная подготовка учителя физики путем решения задач по различным темам, расширение и углубление знаний обучаемых; освоение задач с традиционным способом задания содержания.

**Основные вопросы** соответствуют теме занятия.

**Методические рекомендации.**

Этапы решения задачи:

- перевести условия и требования задачи в знаковую форму: обозначения, рисунки, схемы, диаграммы, представляя задачу как мысленный эксперимент.

- определить область физических знаний, к которой относится содержание задач;

- выбрать метод решения: аналитический, синтетический, или аналитико–синтетический.

- провести анализ ситуации.

- составить систему уравнений.

- решение уравнений.

- анализ полученного результата.

**Форма проведения:** совместное обсуждение, индивидуальное решение, разрешается решение в группах.

**Критерии оценки:** уровень знания предмета; активная работа на занятиях; выполнение заданий срс, индивидуальных, общих; умение представить место и роль задачи в учебном процессе.

**Литература [4-13].**

## **7. Методические рекомендации и материалы для самостоятельной работы обучающегося: СРСП и СРС**

Задания для самостоятельной работы могут быть общими, групповыми и индивидуальными, в том числе в форме проектной деятельности. Структура выполнения заданий в основном соответствует структуре аудиторных занятий. Темы индивидуальных занятий или проектов разрабатываются преподавателем. Студент имеет право предложить для выполнения интересующую его тему. Выполнение заданий может сопровождаться консультациями преподавателя. Контроль и оценивание осуществляется на аудиторных занятиях и занятиях СРСП.

## **8. Задания для рубежного контроля (1 и 2)**

**Рубежный контроль 1-7 недели:** контрольная работа с заданием задачных ситуаций, аналогичных аудиторным.

**Рубежный контроль 8-15 недели:** контрольная работа по темам занятий с решением традиционных задач и представление индивидуальных заданий по решению задач.

## 9. Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену

### Структура билета

1. Защита индивидуального задания или проекта.
2. Анализ и решение задачи заданной в форме задачной ситуации.
3. Традиционная задача.

### К первому вопросу.

#### Темы индивидуальных заданий или проектов:

- |  |   |
|--|---|
| 1. Относительность движения.                   | 18. Внутренняя энергия, работа и теплота. Первый закон термодинамики.             |
| 2. Равномерное движение.                       | 19. Уравнение термодинамики.  |
| 3. Равноускоренное движение.                   | 20. Циклические процессы.   |
| 4. Вращательное движение.                      | 21. Тепловые двигатели.   |
| 5. Законы динамики.                            | 22. Электростатика.   |
| 6. Силы в механике.                            | 23. Электрический ток. Закон Ома.   |
| 7. Сила тяготения. Космические скорости.       | 24. Ядерная энергия.  |
| 8. Равновесие тел. Простые механизмы.          | 25. Соединение потребителей в электрической цепи постоянного и переменного токов. |
| 9. Равновесие тел, имеющих ось вращения.       | 26. Закон Джоуля-Ленца.   |
| 10. Центр тяжести.                             | 27. Электрический ток в различных средах.   |
| 11. Давление жидкостей и газов. Сила Архимеда. | 28. Закон Ома в цепи переменного тока.  |
| 12. Работа. Закон сохранения энергии.          | 29. Цепь переменного тока с последовательно соединенными потребителями.           |
| 13. Импульс тела. Законы сохранения энергии.   | 30. Работа и мощность в цепи.   |
| 14. Механические колебания.                    | 31. Электромагнитная индукция.  |
| 15. Изопрцессы.                                | 32. Электрический колебательный контур.   |
| 16. Молекулярно-кинетическая теория.           |   |
| 17. Смесь газов. Закон Дальтона.               |   |

33. Магнитное поле. Силы Ампера и Лоренца.

34. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение.

35. Прохождение света через плоскопараллельную пластину и трехгранную призму.

36. Фотоэффект.

37. Механические и электромагнитные волны.

38. Атом Резерфорда-Бора.

39. Законы распада.

40. Ядерные реакции

### Примечание

1. Выбор тем студентами проводится в начале семестра. Кроме приведенных, студенты могут предлагать свои темы.

2. При выполнении задания: определить цель и задачи; к каждой задаче дать обоснование целесообразности решения данной задачи в логике изучения темы.

**Ко второму вопросу.**

Задачные ситуации в соответствии с программой курса.

**К третьему вопросу.**

Традиционная задача из курса физики СОШ РК

**10. Критерии оценивания: разрабатываются в соответствии с принятой в ВУЗе 100-балльной шкалой и ее распределением по уровням.**

**Примечание:** физика охватывает большой круг явлений природы и техники. Поэтому содержание обучения включает большое количество задач, разработанных в течение многих десятилетий и даже столетий. У преподавателя широкая возможность выбора темы занятия и рассмотрения конкретных задач и задачных ситуаций. В современных условиях можно считать целесообразным представление обучаемым цикла задач в форме задачных ситуаций.

## 3. Дидактические материалы

### 3.1. Механика

**Кинематика.** Кинематика – раздел физики, изучающий механическое движение, его характеристики, виды без рассмотрения причин движения. В кинематике можно выделить различные задачные ситуации. Приведем примеры некоторых из них, для которых можно представить общую актуализацию.

**Задачная ситуация 1.** Переправа.

**Задачная ситуация 2.** Определение средней скорости прямолинейного движения тела.

**Задачная ситуация 3.** Встреча двух движущихся тел.

**Задачная ситуация 4.** Анализ движения, заданного аналитически или графически

**Задачная ситуация 5.** Графическое представление движения в параметрах  $(\vartheta, t)$  и  $(x, t)$ .

**Актуализация:**

- определение вида движения и рассмотрение характеристик механического движения, обратив внимание на то, что скорость и ускорение – векторные величины;
- классификация видов движения (равномерное и неравномерное, прямолинейное и криволинейное) по скорости (модуль и направление) и по ускорению (нормальное и тангенсальное);
- принцип относительности движения, понятие системы отсчета;
- принцип независимости движений;
- классический закон сложения скоростей;
- основные формулы и уравнения кинематики;

**Задачная ситуация №1.** Переправа через реку (*Рис.3.*)

**Что знаю:** тело участвует одновременно в двух движениях, ширина реки  $d$ , скорость течения реки  $\vec{u}$ , скорость пловца (катера,

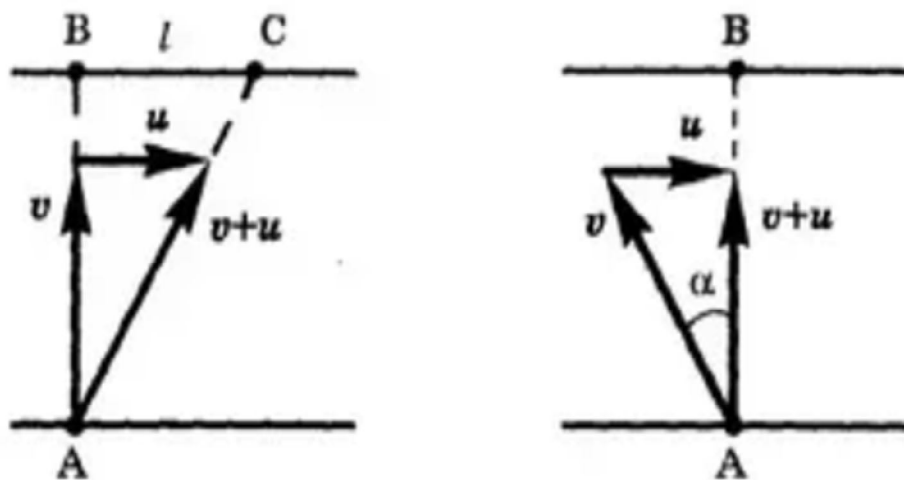


лодки) относительно воды, т.е. скорость, которую развивает плывущий объект в стоячей воде (озеро)  $\vec{v}_0$ .

**Что хочу знать**, то есть проблемы, которые могут стоять перед пловцом:

- каковы будут время движения и величина сноса, если плыть перпендикулярно берегу реки (в какой точке противоположного окажется пловец);
- каково время переправы и при каком условии время переправы будет минимальным (быстрее переплыть);
- под каким углом к берегу плыть, чтобы попасть в строго противоположную точку реки

**Рекомендации:** систему отсчета связать с берегом, направив координатные оси вдоль берега реки и перпендикулярно к нему, использовать закон сложения скоростей, принцип независимости движения, уравнение равномерного движения.



*Рис. 3. Переправа через реку*

Для **времени движения** и **сноса** можно получить формулу:

$$t = \frac{d}{v \sin \alpha}; \quad s = ut = \frac{ud}{v \sin \alpha}$$

Отсюда минимальное время движения можно получить, если принять

$$\sin \alpha = 1; \quad \alpha = \frac{\pi}{2}, \quad \text{то есть перпендикулярно берегу}$$

Такой же результат об условии минимального времени можно получить, если использовать принцип относительности движения. Наименьшее время движения будет при наименьшем расстоянии, а это расстояние **d**, то есть ширина реки. Течение воды не влияет на движение, перпендикулярное течению. Поэтому ориентация плывущего объекта должна быть перпендикулярна берегу.

**Условие движения** к противоположной точке реки определяется законом сложения скоростей пловца и реки. Суммарный вектор должен быть перпендикулярен к берегу (обратить внимание на то, что это возможно только при условии  $v > u$ ). Рассмотрев проекции движения на координатные оси, получим, что угол  $\alpha$  удовлетворяет условию  $\cos \alpha = \frac{u}{v}$ . Отсюда также видно, что условие выполняется, если  $u < v$ .

**Движение в противоположную точку** реки означает, что снос  $s=0$ . Если  $v < u$ , то можно поставить вопрос, при каком условии, то есть под каким углом к берегу направить лодку, чтобы снос был минимальным. Такая задача подробно рассматривается в работе [7, с. 34] в соответствии с приведенным рисунком 4.

Задачные ситуации, относящиеся к переправе могут быть многообразны. Их условия можно найти в различных сборниках задач. Приведем одну из них.

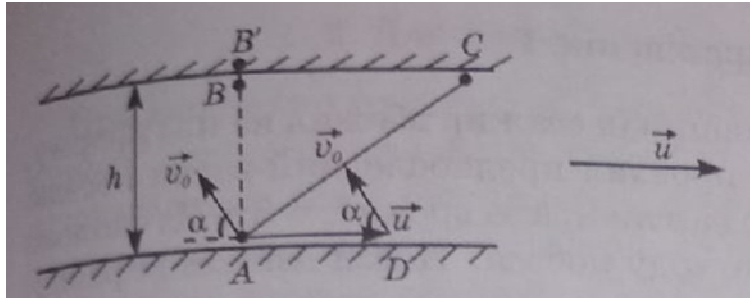


Рис. 4. Переправа через реку при условии  $v < u$  [10, с. 35]

Между пунктами А и С находящимися на противоположных берегах реки курсирует катер. При этом он все время находится на прямой АС. Точки А и С находятся на расстоянии  $s=1200$  метров. Скорость течения реки  $u = 19$  м/с. Прямая АС составляет с направлением течения реки угол  $\alpha = 60^\circ$ . С какой скоростью относительно воды и под какими углами к прямой АС должен двигаться катер в обе стороны, чтобы пройти путь АС и обратно за 5 минут. [8, с 8 ]

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta \arctan \frac{ut \sin \alpha}{s + \sqrt{s^2 + u^2 t^2 \sin^2 \alpha}} = 11,5^\circ$$

$$v = \frac{u \sin \alpha}{\sin \beta} = 8.3 \text{ м/с}$$

**Задачная ситуация №2.** Определение средней скорости прямолинейного движения тела.

**Что знаю:** понятие средней скорости в физике

**Что я хочу знать:**

- конкретные условия;
- сравнить вычисленную среднюю скорость со средней арифметической

**Конкретизация условий (задачной ситуации):**

- на равных участках полного пути тело движется равномерно с различными скоростями, скорость заданы;
- в равные интервалы времени тело движется с разными скоростями, скорости заданы;

- тело проходит путь равноускоренно при заданных начальной скорости и ускорении;
- тело начинает двигаться с ускорением  $a_1$  и движется в течение времени  $t_1$ ; от  $t_1$  до  $t_2$  движение равномерное; от  $t_2$  до  $t_3$  движение равнозамедленное до остановки с ускорением  $a_2$ .

**Рекомендации:** анализ ситуации сопровождать рисунками или графиком движения.

### Задачная ситуация 3. Встреча

Условие «встреча» означает, что два тела одновременно оказываются в точке пространства, т.е. при одинаковых координатах в момент  $t = t_0$ : ( $x_1 = x_2$ ;  $y_1 = y_2$ ;  $z_1 = z_2$ ).

В этой ситуации **требование** (что хочу знать?) - координаты и место встречи.

#### Конкретизация условий (Рис.5.):

- ✓ Движение вдоль одной прямой:
  - два тела находящиеся на расстоянии  $s$  двигаются на встречу друг другу со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ 
    - рисунки а, б, в
- ✓ Движение в одной плоскости:
  - рисунки г, д, е
  - рисунок Г ( $v_1$  и  $v_2$  -const) Д и Е – в поле силы тяжести

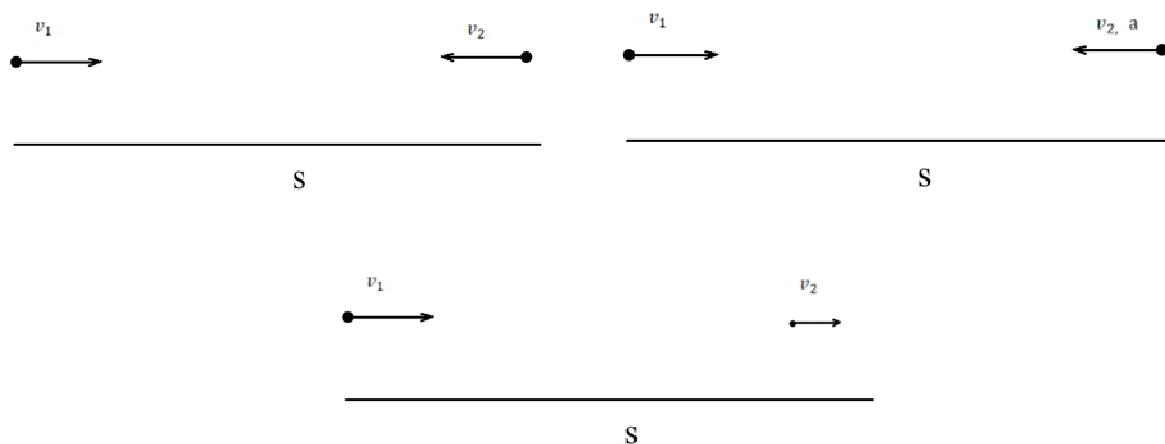


Рис. 5. (а, б, в) Движение в одной плоскости

В задачах Д и Е обратить внимание на условие, при которых встреча, то есть одновременное совпадение координат  $x$  и  $y$  может произойти. Например, в задаче Д условие  $x_1 = x_2$ ;  $y_1 = y_2$

$$t_x = \frac{x_{02} - x_{01}}{v_{1x} - v_{2x}}$$

$$t_y = \frac{y_{01} - y_{02}}{v_{2y} - v_{1y}}$$

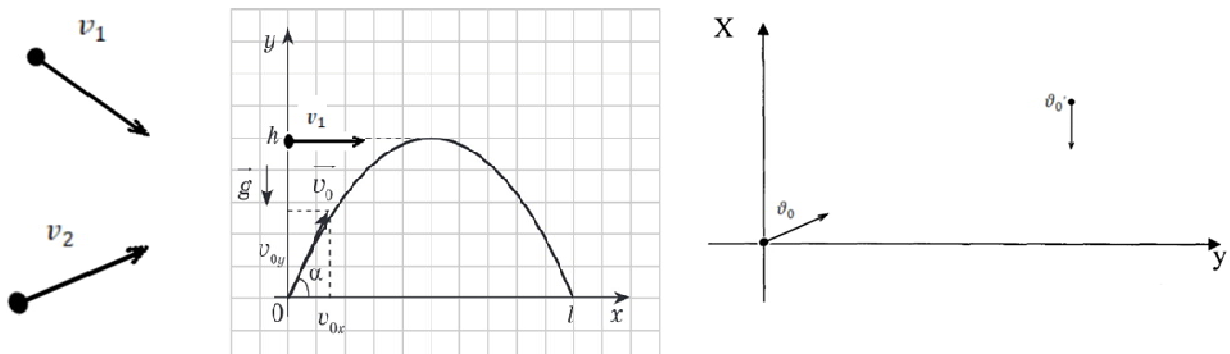


Рис. 6. (г, д, е) Движение в поле силы тяжести

Для встречи необходимо, чтобы  $t_x = t_y$ , а это возможно при определенном совпадении координат и скоростей.

Можно рассмотреть и другие возможные ситуации.

### Задания для самостоятельной работы

1. Велосипедист за первые 5с проехал 40 м, за следующие 10с – 100 м и за последние 5с – 20 м. Найти средние скорости на каждом из участков и на всем пути.

2. Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью  $v_1 = 10$  м/с, а вторую половину пути скоростью  $v_2 = 15$  м/с. Найти среднюю скорость на всем пути. Доказать, что средняя скорость

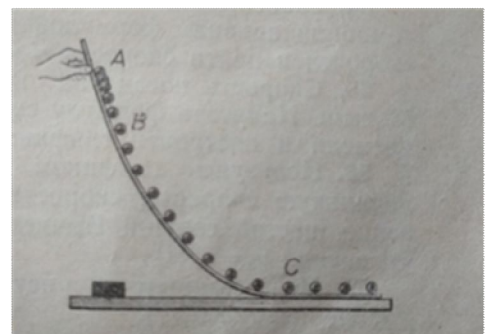


Рис.7. Движение шарика по желобу

меньше среднего арифметического значения  $v_1$  и  $v_2$

3. На рисунке 7 воспроизведено со стробоскопической фотографии движение шарика. Найти среднюю скорость движения шарика на участке АВ и мгновенную скорость в точке С, зная, что частота съемки 50 раз в 1с. Натуральная длина спичечного коробка, изображенного на фотографии, равна 50 мм. Движение по горизонтальному участку считать равномерным. [9, с. 13]

4. Движения двух автомобилей по шоссе заданы уравнениями  $x_1 = 2t + 0,2t^2$  и  $x_2 = 80 - 4t$ . Описать картину движения; найти время и место встречи автомобилей; расстояние между ними через 5с; координату первого автомобиля в тот час времени, когда второй находился в начале отсчета.

5. Из двух точек, расстояние между которыми 6,9 м, одновременно и в одном направлении начали движение два тела. Первое движется из состояния покоя с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ . Второе движется вслед за ним с начальной скоростью 2 м/с и ускорением  $0,4 \text{ м/с}^2$ . Написать уравнение  $x = x(t)$  в системе отсчета, в котором при  $t = 0$  координаты принимают значения  $x_1 = 6,9 \text{ м}$ ,  $x_2 = 0 \text{ м}$ . Найти время и место встречи тел. [9, с. 18с]

**Задачная ситуация №4.** Анализ движения, заданного аналитически.

$$x = 2 + 30t - 5t^2 \quad t_1 = 2\text{с}, \quad t_2 = 5\text{с}$$

**Актуализация.**

Законы, уравнения движения:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad v = v_0 + at,$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad v^2 - v_0^2 = 2aS.$$

**Что я знаю:**  $v_0 = 30 \text{ М/с}$ ,  $a = -10 \text{ М/с}^2$ ,  $x_0 = 2\text{м}$ ; начальные

скорость и ускорение противоположных знаков,

**Что я хочу знать:** характер движения.

**Ответ:** движение равнозамедленное, с постоянным ускорением. Следовательно, тело будет двигаться равнозамедленно до состояния  $v = 0$ , после чего будет двигаться равноускоренно с тем же ускорением в обратном направлении. Следует обратить внимание на то, что при рассмотрении прямолинейного движения

выбор координатной оси, как правило, совпадает с направлением движения.

Особый интерес представляет равнозамедленное движение. Если это движение под действием силы трения, то тело через некоторое время остановится. Если по условию ускорение постоянно и нет указания на силу трения, то замедленное движение в некоторый момент времени станет ускоренным в обратном направлении. Это позволяет сформулировать дополнительные вопросы к задачной ситуации.

**Что далее хочу знать:**

- продолжительность движения до остановки,  $t_0$
- координаты тела в моменты  $t_1, t_2$
- время, через которое тело будет проходить начальную точку.
- пути, пройденные за время  $t_1, t_2$
- перемещение за время  $t_1, t_2$

**Дано:**

$$x = 2 + 30t - 5t^2 \quad t_1 = 2\text{с}, \quad t_2 = 5\text{с}$$

**Решение:**

1.  $v_0 = 30 \text{ М/с}$ ,  $a = -10 \text{ М/с}^2$ ,  $x_0 = 2\text{м}$ ;

2. Закон изменения скорости  $v = v_0 + at$ ;  $v = 30 - 10t_0$ ;

$$t_0 = \frac{v - v_0}{a} = 3 \text{ сек.}$$

Тело остановится через 3 секунды после начала движения.

3. Скорости тела в моменты  $t_1$  и  $t_2$  соответственно

a.  $t_1 = 2\text{с}$

$v_1 = 30 - 10 \times 2 = 10 \text{ М/с}$  – тело движется в начальном направлении

b.  $t_2 = 5\text{с}$

$v_2 = 30 - 10 \times 5 = -20 \text{ М/с}$  – тело движется в противоположном первоначальному

#### 4. Координаты тела

$$\text{a. } t_1 = 2\text{с}; \quad x_1 = 42\text{м} \quad \text{b. } t_2 = 5\text{с}; \quad x_2 = 27\text{м}$$

$$5. x=x_0, t-?$$

$$x_0 = 2 + 30t - 5t^2; \quad 30t - 5t^2 = 0; \quad t(30-5t) = 0$$

Отсюда  $t=0$  (начальный момент);

$$30-5t=0; \quad t=6\text{с}$$

Тело будет проходить начальную точку в обратном направлении через 6 секунд после начала отсчета.

$$6. s_1-?; s_2-?$$

**a.  $t_1 = 2\text{с}$**  в течение этого времени направление движения не изменялось, поэтому  $s_1 = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} = 40\text{м}$ .

**b.  $t_2 = 5\text{с}$**  из них в течение трех секунд тело двигалось равнозамедленно, пройдя путь  $s_2'$  равнозамедленно, оставшиеся 2 секунды движение равноускоренное с нулевой начальной скоростью в обратном направлении  $s_2''$ ;  $s_2 = s_2' + s_2''$ .

$$s_2' = 45\text{м}; \quad s_2'' = 20\text{м}; \quad s_2 = 45\text{м} + 20\text{м} = 65\text{м}.$$

$$7. \text{Перемещение } \Delta x = x - x_0 = 30t - 5t^2$$

$$t_1 = 2\text{с}; \quad \Delta x = 40\text{м}; \quad t_2 = 5\text{с}; \quad \Delta x = 25\text{м}.$$

Если в задачной ситуации начальная скорость и ускорение одного знака, то движение равноускоренное. По заданному закону пути можно записать закон изменения скорости, определить скорость в любой момент времени и путь за любой заданный промежуток времени, положение тела на координатной оси, если движение прямолинейное и задана начальная координата, импульс и кинетическую энергию в любой момент времени. Сложнее анализ задачной ситуации при условии, когда начальная скорость и ускорение различных знаков, т.е. имеют различные направления. При постоянном ускорении, т.е. постоянной силе, действующей на тело, тело будет двигаться равнозамедленно до остановки ( $v = 0$ ). Затем будет двигаться ускоренно в противоположном направлении.

**Обратим** внимание на то, что при  $t_1 = 2\text{с}$ , то есть движение в одном направлении путь и перемещение совпадает. В течение  $t_2 = 5\text{с}$  направление движения изменялось, поэтому путь и перемещение различны. Как показано выше, через 6 секунд тело проходило



начальную точку. За это время перемещение равно нулю. Это подтверждают расчеты  $\Delta x = 30 \cdot 6 - 5 \cdot 36 = 0$

**Примечание:** в качестве обратной задачи можно представить ситуацию задание начальной координаты и закона изменения скорости, а в анализе ситуации записать закон движения (формулу пути) и ответить на те же вопросы.

**Задачная ситуация №5.** Графическое представление движения в параметрах  $(v, t)$  и  $(x, t)$  (Рис.8-9).

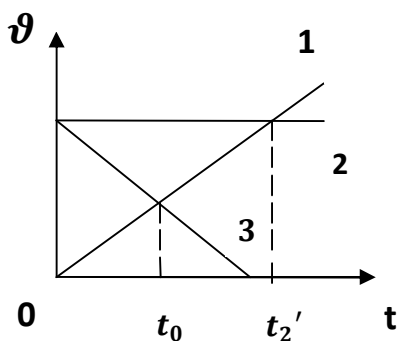


Рис.8 Движение в параметрах  $(v, t)$

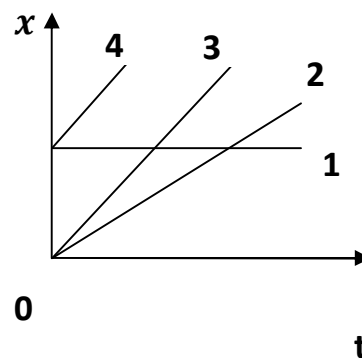


Рис. 9. Движение в параметрах  $(x, t)$

**Актуализация:**  $v = v_0 + at$ ,  $x = x_0 + vt$ ,  $x = x_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$

**Анализ задачной ситуации:** по рисунку 8

Задано закон изменения скорости  $v(t)$  с течением времени для трех тел.

**Тело 1** движение равноускоренно по закону  $v_1 = at$ ,  $v > 0$ ,  $a > 0$

**Тело 2** – движение равномерное с  $v_2 = const$

**Тело 3** движение равнозамедленное  $v_3 = v_0 + at$ ,  $v > 0$ ,  $a < 0$ ,

В момент  $t = t_0$   $v_3 = 0$  третье тело остановилось, после чего изменяет направление движения.

В момент  $t = t'$  скорость первого и второго тел равны  $v_1 = v_2$

В момент  $t = t''$  скорость первого и третьего тел равны  $v_1 = v_3 = 0$ .

Начальная скорость третьего тела равна постоянной скорости движения второго тела.

За время  $t'$  и  $t''$  наибольший путь прошло второе тело. Для сравнения пути второго и третьего тел необходимы конкретные данные для определения площади фигуры между линией графика и осью  $t$ . Время  $t = t'''$ , при котором  $t_1 = t_3$ , а пути, пройденные первым и вторым телами будут равны. В любой момент времени в будущем путь второго тела будет меньше, чем первый. Соотношение первого и третьего тел зависит от конкретных условий.

Предлагаем анализ задачной ситуации по рисунку 9 провести самостоятельно.

Рассмотрено несколько задачных ситуаций из кинематики. Далее приводится пример из динамики.

### **Задачная ситуация №6. Сила. Работа силы.**

#### **Актуализация (что я знаю):**

1. Понятие силы.
2. Виды сил:  $F_{\text{тяж}}$ ,  $F_{\text{тр}}$ ,  $F_{\text{уп}}$ ,  $F_{\text{тяг}}$ ,  $F_A$ ,  $F_L$ ,  $P$  и другие.
3.  $A = FS \cos \alpha$   $F = \frac{A}{S \cos \alpha}$
4. Условия совершения работы:  $F \neq 0$  (наличие силы),  $S \neq 0$  (наличие движения),  $\cos \alpha \neq 0$  (сила не перпендикулярна скорости).
5. Если  $\pi > \alpha > \frac{\pi}{2}$ , работа сил отрицательна; если  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ , работа сил равна нулю, то есть не совершается; если  $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$ , работа - положительна.

#### **Анализ работы сил различной природы:**

##### **Что я хочу знать:**

- Особенности работы силы трения
- Работу силы реакции опоры для различных ситуаций
- Особенности работы силы тяжести
- Есть ли силы, которые не совершают работу

### Анализ задачной ситуации (решение):

**Сила трения.** Различают силу трения покоя и силу трения движения (скольжение и качение).

О силе трения покоя говорят при отсутствии движения тела. Она всегда равна по модулю действующей силе (по 3-ему закону Ньютона), компенсирует ее. Например, если на тело в горизонтальном направлении действует сила, но движение не возникает, то это означает, что действующая сила компенсируется возникшей силой трения покоя. Если тело **лежит** (неподвижно) на наклонной плоскости, то проекция  $mg \sin \alpha$ , которая должна создавать ускорение, компенсируется силой трения покоя. Она зависит от массы тела и от угла  $\alpha$ . Таким образом, сила трения покоя работы не совершает.

Важной особенностью силы трения покоя является то, что она может изменяться в пределах от  $0$  до  $\mu N$ . Если действующая сила больше или равно  $\mu N$ , тело будет двигаться. Тогда на движение влияет сила трения скольжения, равная  $\mu N$ . Эта сила направлена по касательной к траектории движения в противоположном направлении.

**Работа силы трения скольжения (качения):**

$$A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} S \cos \alpha; \quad \alpha = 180^\circ; \quad \cos \alpha = -1$$
$$A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}} S; \quad A_{\text{тр}} < 0$$

**Работа силы трения всегда отрицательна.** За счёт уменьшается кинетическая энергия движущего тела или ее работа компенсируется силой тяги при неизменной скорости движения.

**Работа сила тяжести:**  $F_{\text{тяж}} = mg$        $A_{\text{тяж}} = mgS \cos \alpha$

**Сила тяжести** – это проявление силы тяготения. Работа этой силы зависит от направления движения тела, то есть от угла  $\alpha$

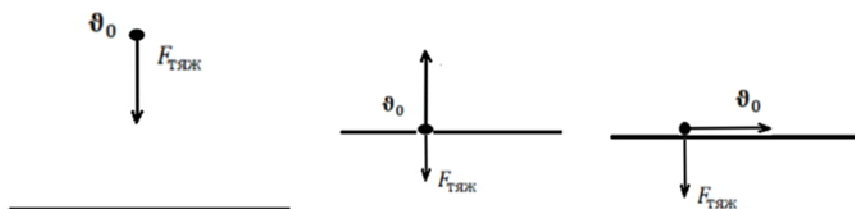


Рис. 10. Движение под действием силы тяжести

*Таким образом,* сила тяжести совершает положительную работу, если тело движется вниз (падает). Работа силы тяжести отрицательна, когда тело движется вверх. В этом случае сила тяжести подобна силе сопротивления, а движение вверх происходит за счет кинетической энергии тела или за счет силы тяги.

При движении тела по горизонтали, сила тяжести работы не совершает. В случае движения по замкнутой траектории в поле силы тяжести работа равна нулю, так как в процессе движения меняется величина угла между направлением силы и направлением движения. На различных участках знак работы различный. Это также относится к силе Кулона на электрические заряды. Силы, работа которых по замкнутому контуру равняется нулю, называются потенциальными. Их работа между двумя точками зависит только от положения этих точек и не зависит от формы траектории.

**Силы, работа которых всегда равна нулю.** Выше рассмотрена сила трения покоя, которая не может совершать работу т.к. как она действует при отсутствии движения. Работа силы тяжести равна нулю только при определенных условиях (сила перпендикулярна к скорости), но существуют ли силы, работа которых всегда равна нулю при наличии движения? К таким силам относятся **сила Лоренца**, то есть сила действующая на электрический заряд в магнитном поле. Всегда перпендикулярна к скорости **сила натяжения**, равная силе упругости, возникающая при колебании математического маятника. При вертикальном падении без учета сил сопротивления потенциальная энергия переходит в кинетическую; конечная скорость зависит от высоты падения. При колебаниях маятника также используются закон сохранения и превращения энергии, при этом потенциальная энергия определяется по высоте падения, несмотря на то, что тело двигалось по криволинейной траектории, то есть прошло путь больший, чем высота падения. Во все время движения действовала сила натяжения, но она не совершала работы. Силы перпендикулярные к скорости изменяют только направление скорости.

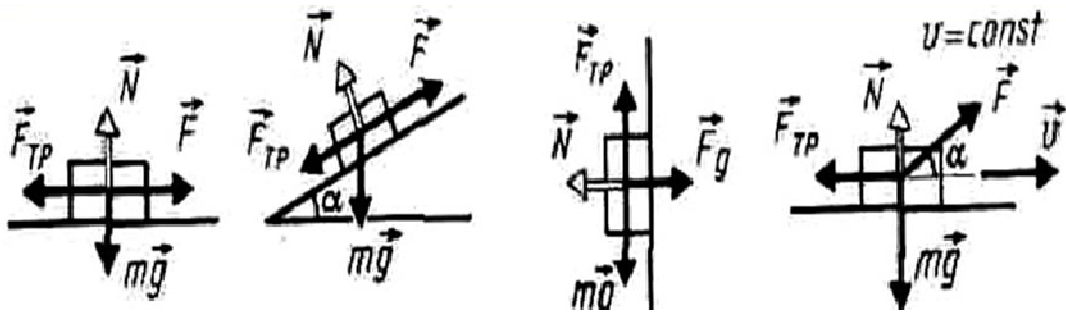


Рис.11. Сила реакции опоры при различном расположении

**Сила реакции опоры.** При решении задач величина силы реакции опоры бывает необходима, например, при определении силы трения или суммы сил, действующих на тело.

### Задачная ситуация №7. Механические колебания.

#### Актуализация.

Понятия механических колебаний, гармонических колебаний, их характеристики, колебательные системы, пружинный и математический маятники.

Законы и формулы:

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0), \text{ или } x = x_m + \sin(\omega t + \varphi_0),$$

$$\omega = 2\pi\nu, T = \frac{2\pi}{\omega}, y = \omega t + \varphi_0,$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}; \quad \omega = \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad \omega = \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2}; \quad E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}; \quad E_{\text{п}} = mgh$$

Обратить внимание на то, что общая форма записи закона движения содержат начальную фазу  $\varphi_0$ . Если при  $t=0$  маятник максимально отклонен от положения равновесия (амплитуда), то удобно записать закон в виде  $x = x_m \cos \omega t$ . Если в начальный момент маятник проходит положение равновесия или в этот момент выведен из положения равновесия, то закон движения  $x = x_m \sin \omega t$ . Следовательно для выбора оптимальной формы записи закона движения необходимо внимательно относиться к условию задачи.

**Дополнительный вопрос:** колебания совершаются в некоторой системе тел. Система тел – это количество тел больше одного. У пружинного маятника систему образуют пружина ( $k$ ) и подвешенное на ней тело ( $m$ ).

Какие два тела образуют колебательную систему математического маятника? Каковы их характеристики в формулах?

**Задачная ситуация:**  $x = 10 \sin(2\pi t + \frac{\pi}{4})$ .

**Цель:** исследовать заданную ситуацию (определить амплитуду, фазу, начальную фазу, циклическую и линейную частоты, период колебаний, координату в заданные моменты  $t$  и другие параметры).

1. Из условия  $A=10\text{м}$ ,  $\omega = 2\pi \text{ с}^{-1}$ ,  $\varphi = 2\pi t + \frac{\pi}{4}$  рад,  $\varphi_0 = \frac{\pi}{4}$  рад.

2. Можно определить  $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = 0,5$ ,  $T = \frac{2\pi}{10}$

3.  $v = x' = 10 \cdot 2\pi \cos(2\pi t + \frac{\pi}{4}) = 20\pi \sin(\omega t + \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2})$  – закон изменения скорости.  $a = x'' = v' = -20\pi \cdot 2\pi \sin(\omega t + \frac{\pi}{4}) = -40\pi^2 \sin(\omega t + \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2})$  – закон изменения ускорения.  $v_m = 20\pi$   $a_m = 40\pi^2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

4. Какую систему описывает заданное уравнение? Пружинный или математический маятник?

Начальные условия:  $x_0 = 10 \sin \frac{\pi}{4} = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 5\sqrt{2}$  м

$$v_0 = 20\pi \cos \frac{\pi}{4} = 20\pi \frac{\sqrt{2}}{2} = 10\pi\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a_0 = 40\pi \sin \frac{\pi}{4} = 40\pi \frac{\sqrt{2}}{2} = 20\pi\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Координата, скорость и ускорение изменяются по гармоническому закону. По фазе изменение скорости сдвинуто относительно координаты на  $\frac{\pi}{2}$ , изменение ускорения на  $\pi$ .

5. Если заданное уравнение описывает колебание пружинного маятника, то можно задать дополнительное условие  $m=2$  кг и провести дополнительные вычисления  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow k = \frac{4\pi^2 m}{T}$

(если задать жесткость пружины « $k$ », то можно вычислить массу  $m$ ).  $E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2} \cos^2(2\pi t + \frac{\pi}{4})$ ;  $E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2} = \frac{kx_m \sin^2(2\pi t + \frac{\pi}{4})}{2}$ .

Кинетическая и потенциальная энергия определяются квадратами синуса и косинуса, следовательно период их изменения в два раза меньше периода колебаний. За время полного колебания полный цикл изменения эти величины происходят дважды.

$$E_k = \max, E_{\text{п}} = 0, \text{ если } y = 2\pi t + \frac{\pi}{4}, t = \frac{1}{2\pi} \left( (2n + 1) \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} \right)$$

$$E_k = 0, E_{\text{п}} = \max, \text{ если } y = 2\pi t + \frac{\pi}{4}, t = \frac{1}{2\pi} \left( n\pi - \frac{\pi}{4} \right) = \frac{1}{2} \left( n - \frac{\pi}{4} \right)$$

Дополнительный вопрос: определить момент времени, в котором кинетическая и потенциальная энергия равны.

Сила, под действием которого происходит колебание

$$F = ma$$

Импульс колеблющегося тела:

$$P = m\dot{\vartheta}$$

Если маятник математический, то можно определить его длину:

$$\omega = \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l = \frac{g}{\omega^2}$$

Почему период и частота колебаний не зависит от массы маятника? Колебание вызывает квазиупругая сила  $F = kx$ . Какая сила выступает в этой роли у математического маятника? Это сила тяжести. Ее проекция на касательную равна  $mg \sin \alpha$ .

Полная энергия  $E = E_k + E_{\text{п}}$

Дополнительные характеристики в заданный момент  $(x, \dot{\vartheta}, a, E_k, E_{\text{п}})$ .

Как изменяются характеристики, если добавить:

- А) параллельно такую же пружину
- Б) последовательно такую же пружину
- В) добавить такую же массу
- Г) уменьшить массу вдвое

## 3.2. Термодинамика

### Актуализация.

Предлагаемые задания предполагают работу с термодинамическими диаграммами, то есть графиками. Это требует умения видеть за физическим законом, выраженным аналитически или графически, математический и использовать его при анализе процесса.

В термодинамических законах предлагаемых заданий важны математические функции следующего вида:  $y = kx, \frac{y}{x} = k = \mathit{const}$ .

**Примечание:** Обратить внимание на то, что рассматриваются процессы в модели идеального газа, которая не применима при  $T \rightarrow 0\text{K}$ , поэтому эти участки прямой вблизи  $T = 0\text{K}$  обозначаются штрихами.

Следует учитывать, что если на графике  $x$  растет, а  $y$  - падает, это еще не означает гиперболу. В обратно пропорциональной зависимости в каждой точке графика произведение  $xy = k - \mathit{const}$ . Это следует проверять, если указан масштаб или ввести его условно самим.

### Теоретические вопросы:

1. Понятие идеального газа
2. Характеристики:  $p, V, T, \nu, m, M, R, T, N_A$ .
3. Законы Менделеева – Клайперона:

$$R = kN_A; \nu = \frac{m}{M}; \nu = \frac{N}{N_A}; pV = \frac{m}{M}RT; m, \nu - \mathit{const}, \frac{pV}{T} = \mathit{const};$$

4. Изопроцессы  $m, \nu - \mathit{const}$ ;

$$T = \mathit{const}; pV = \mathit{const}; p = \frac{\mathit{const}}{V} \left( y = \frac{k}{x} \right)$$

$$p = \mathit{const}; \frac{V}{T} = \mathit{const}; V = \mathit{const} \cdot T; \left( y = \frac{k}{x} \right)$$

$$V = \mathit{const} \frac{p}{T} = \mathit{const}; p = \mathit{const} \cdot T; \left( y = \frac{k}{x} \right)$$

$$p = \frac{m}{MV}RT \Rightarrow \frac{p}{T} = \frac{mR}{MV} = \mathit{const}; \mathit{const} = \frac{mR}{MV} = \frac{\nu R}{V} = \frac{NR}{N_A V};$$

$$V = \frac{m}{Mp}RT \Rightarrow \frac{V}{T} = \frac{mR}{Mp} = \frac{\nu R}{p} = \mathit{const}$$

### 3.2.1 Анализ термодинамических процессов.

**Задачная ситуация №1.** Даны диаграммы термодинамических процессов (Рис.12.)





Рис.12. Изотермические процессы 1 и 2 [10]

На диаграмме приведены результаты двух изотермических процессов.

Различие графиков 1 и 2 – следствие различия коэффициента  $k$  в законе Бойля-Мариотта  $pV = k$ . Коэффициент  $k$  определяем выражением

$$k = \nu RT = \frac{N}{N_A} RT$$

$$k_1 > k_2$$

Возможные причины различия:

- a) Природа газов (молярная масса  $M$ ) и их массы одинаковы. Тогда  $T_2 < T_1$ . Первое исследование проводилось при более высокой температуре.
- b)  $T_1 = T_2$ ,  $\nu_2 < \nu_1$  – газы отличаются количеством молекул
- c)  $m_1 = m_2$ ,  $T_1 = T_2$ ,  $M_2 > M_1$  - природа газов различна

**Вывод:** сравнение гипербол не обязательно означает сравнение изотерм.

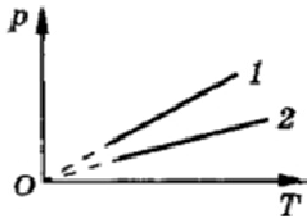


Рис.13. Диаграммы (p, T). [10]

### Задачная ситуация №2.

Даны диаграммы двух термодинамических процессов (Рис.13.)

Анализ ситуации:

$$\frac{p}{T} = k, \quad k = \frac{mR}{MV},$$

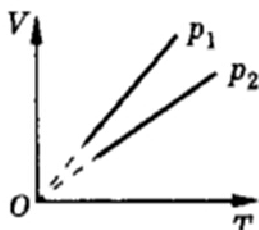
$$k = \frac{\nu R}{V}, \quad k = \frac{NR}{N_A V}$$

$$k_1 > k_2$$

Возможные ситуации:

- a)  $m_1 = m_2$ ,  $M_1 = M_2$ ,  $V_1 < V_2$  – первый эксперимент проводился в сосуде меньшего объема, масса и природа газов одинаковы.
- b)  $V_1 = V_2$ ,  $\nu_1 < \nu_2$  (или  $N_1 < N_2$ )
- c)  $V_1 = V_2$ ,  $m_1 = m_2$ ,  $M_1 < M_2$  - природа газов различна

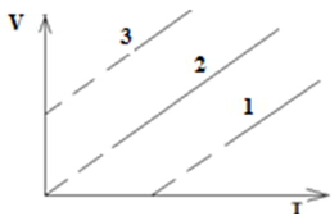
**Задачная ситуация №3.** Даны диаграммы двух термодинамических процессов (Рис.14.)



Анализ предлагается провести самостоятельно по образцу предыдущей ситуации.

Рис.14. Диаграммы (V, T). [10]

**Задачная ситуация №4.** Даны диаграммы следующих процессов (Рис.15.)



Анализ ситуации.

**Примечание:** Графики линейной зависимости на диаграммах (p, T) или (V, T) не всегда соответствуют изопроцессам.

Рис.15. Диаграммы (V, T) [10]

$$v = \frac{\nu RT}{p}$$

Прямая 2 соответствует изобарному процессу ( $p = const$ ): она проходит через начало координат. Одновременно прямые 1 и 3 также соответствуют линейной зависимости, но описываются уравнением  $y = kx + b$ . Поскольку количество молей в процессах не изменяется, то процессы идут с уменьшением давления, что не является изобарным процессом.

Но тогда возникает вопрос, как изменяется давление в процессах 1 и 3? Из представленных ситуаций известно, что чем меньше  $P$ , тем круче изобара. С этой точки зрения сделаем дополнительные построения (Рис.15.). Если бы изопроцесс из состояния А шел изобарно, то график пошел бы по линии АС. Если бы в состояние В газ пришел изобарно процесс по линии ВD. Однако  $V_c < V_d$ .

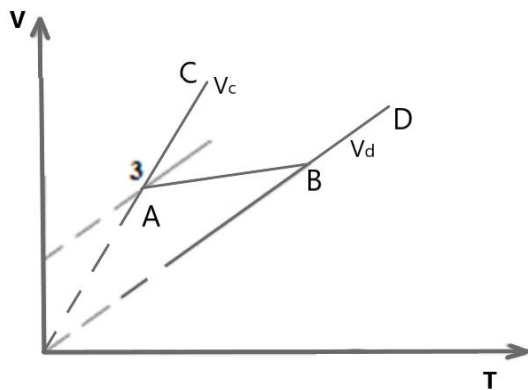


Рис. 16. Возможные варианты термодинамического процесса

Таким образом, процесс 3 шел с возрастанием объема. Аналогично, проведя изобары для начала и конца процесса 1 можно показать, что первая идет ниже второй. Следовательно, процесс 1 происходит при уменьшении объема.

**Задачная ситуация №5.** Даны диаграммы следующих процессов (Рис.17.).

Провести анализ ситуации по аналогии с предыдущей:

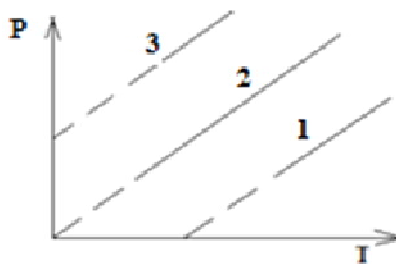


Рис.17. Диаграммы (p,T)

### 3.2.2 Энергетический анализ термодинамических процессов циклов

#### Актуализация.

1. Законы идеального газа (см. в предыдущем задаче)
2. Энергетические характеристики.

а) Внутренняя энергия  $U = \frac{i}{2} \nu RT = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{i}{2} \frac{N}{N_A} RT$ . Обратить внимание на то, что внутренняя энергия однозначно связана с температурой  $T$ , зависит только от  $T$ . (справедливо только в модели идеального газа);  $U = U(T)$ .

Пользуясь законом Менделеева - Клайперона, можно записать  $U = \frac{i}{2} pV$ . Но эту формулу нельзя понимать как зависимость « $U$ », от  $p$  или  $V$ . Внутренняя энергия зависит от произведения  $p \cdot V = \nu RT$ .

б) Работа, как известно, совершает силы при наличии движения. В газах роль обобщенной силы играет давление. Движение или изменение координат – изменение объема. Если процесс изохорный,  $V = \text{const} \Rightarrow A = 0$ . При изобарном процессе  $A = p\Delta V$ . Есть формулы для вычисления работы при изотермическом, адиабатном и политропным (при постоянной теплоемкости) процессах. Если по условию процесса оъем газа увеличивается (расширение), то работа газа  $A > 0$ . Совершая положительную работу, газ затрачивает свою внутреннюю энергию. Если нет подвода тепла, то  $U$  будет уменьшаться.

Если по условию процесса объем уменьшается (сжатие), то положительную работу совершают внешние силы. Энергия, затраченная на совершение работы, превращается во внутреннюю энергию газа. Которая должна расти на величину совершенной внешними силами работы. Сам газ при этом совершает отрицательную работу. Его давление противодействует сжатию, то есть ведет себя как сила сопротивления.

Изменение внутренней энергии при сжатии или расширении газа должно сопровождаться соответствующим изменениям температуры.

с) Величина  $Q$  характеризует теплообмен. Теплота, полученная газом -  $Q > 0$ , отданная -  $Q < 0$ .

д) Первый закон термодинамики  $Q = \Delta U + A$ . Это закон сохранения и превращения энергии применительно к тепловым процессам. Использование этого закона требует особого внимания к физическому смыслу  $Q$ ,  $U$  и  $A$  и их связи с параметрами газа.

Указание: чтобы по заданному на диаграмме процессе определить характер теплообмена, необходимо исследовать как изменялось внутренняя энергия (для этого исследовать как

изменялось температура) и какую работу положительную или отрицательную совершал газ (было расширение или сжатие). Обобщить результаты по « $U$ » и « $A$ » и сделать выводы по характеру теплообмена в заданном процессе.

При анализе цикла обратить внимание на то, чтобы на всех участках цикла  $Q$  оказались одного знака. Если так случилось, следует искать ошибку.

### Задачная ситуация № 1. Термодинамические циклы.

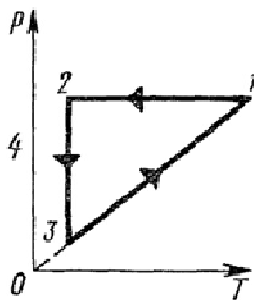


Рис.18. Диаграмма термодинамического цикла  $p, T$

**Рекомендации.** На каждом участке цикла:

- **использовать** первый закон термодинамики  $Q = \Delta U + A$ ;

- **определить** характер термодинамического процесса и записать соответствующие законы процесса;

- **определить** изменение внутренней энергии по характеру изменения температуры, учитывая их однозначную прямопропорциональную связь;

- **получить** информацию о работе процесса по характеру изменения объема газа;

- **суммировать** результаты анализа изменения внутренней энергии и совершаемые работы и сделать вывод о характере теплообмена.

- **представить** процесс в диаграмме ( $p, V$ );

- **определить** знак совершенной газом работы и общий характер теплообмена.

#### Выполнение задания.

1. Используем первый закон термодинамики  $Q = \Delta U + A$ .

$$U = \frac{i}{2} \nu RT, \quad \Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T, \quad A = p \Delta V$$

2. Процесс 1-2.  $p = \text{const}$ , изобарный,  $T \downarrow$ ,  $\Rightarrow$  работа газа

$$A = p(V_2 - V_1), \quad \frac{V}{T} = \text{const}; \quad T \downarrow \Rightarrow V \downarrow \Rightarrow V_2 <$$

$V_1$  (сжатие)  $\Rightarrow A < 0$ .

Положительную работу при сжатии совершают внешние силы. Газ в следствии своей упругости противодействует сжатию, совершает отрицательную работу подобно работе сил сопротивления. Внешняя энергия, затраченная на сжатие газа, в результате работы превращается во внутреннюю работу газа. Следовательно, внутренняя энергия газа  $U$  должна расти. Но внутренняя энергия однозначно связана с абсолютной температурой с законом прямой пропорциональностью. На рассматриваемом процессе температура уменьшается, что означает уменьшение внутренней энергии. Это возможно только в случае если в ходе процесса газ отдавал теплоту в количестве большем, чем он получал энергии за счет работы внешних сил.

**Вывод.** На процессе 1-2 **внутренняя энергия** уменьшалась, что видно по изменению температуры. **Положительную работу** совершали внешние силы, передавая газу энергию. В ходе процесса газ **отдавал теплоту** в количестве большем работы внешних сил, то есть он передавал во вне часть своей внутренней энергии, что привело к уменьшению.  $Q_{12} < 0$

3. **Процесс 2-3.**  $T = const$ , изотермический  $\Rightarrow pV = const$ ;  $p \downarrow V \uparrow V_2 > V_1$ , расширение газа. Следовательно, положительную работу совершает газ за счет своей внутренней энергии. Но процесс изотермический, внутренняя энергия постоянная,  $\Delta U = 0$ . Это означает, что затраты внутренней энергии на совершение работы расширения компенсировались получением теплоты из вне.  $Q_{23} > 0$

**Вывод.** На процессе 2-3 **внутренняя энергия** не изменялась, газ совершал **положительную работу** расширения, получая при этом извне **количество теплоты**, равное совершенной работе.

4. **Процесс 3-1.**  $V = const$ , изохорный, так как прямая процесса своим продолжением проходит через начало координат.  $\Rightarrow A = 0$ ;  $\frac{p}{T} = const$ . По условию  $T \uparrow \Rightarrow U \uparrow$ ,  $\Delta U > 0$ , следовательно, газ получал количество теплоты  $Q = \Delta U$ ,  $Q_{31} > 0$

**Вывод.** На процессе 3-1 **работа** не совершалась, **внутренняя энергия** увеличивалась на величину полученной **теплоты**.

**Дополнительное исследование работы цикла.**

**Итог:** газ получил  $Q_{23} + Q_{31}$ , отдал  $Q_{12}$ . **Каков знак работы?**

Чтобы ответить на этот вопрос достаточно перечертить диаграмму в параметрах  $(p, V)$ .

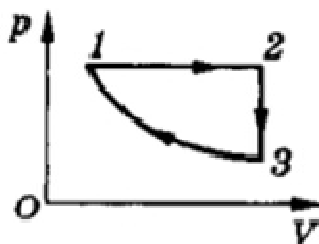


Рис. 19. Диаграмма цикла в параметрах  $(p, V)$

1. На диаграмме  $(p, V)$  площадь, ограниченная циклом, равна работе цикла.

2. Циклический процесс на диаграмме происходит против часовой стрелки это означает, что работа газа  $A < 0$ .

3. В результате циклического процесса с идеальным газом система возвращается в идеальное состояние. Следовательно, внутренняя энергия, как функция состояния, не изменяется. Тогда первый закон термодинамики для цикла в целом:  $Q = A$ , где  $Q = Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-1}$ . Количество теплоты, получаемой системой, считается положительным, отданное – отрицательным. Из выше приведенного анализа, видно, что отрицательным является  $Q_{1-2}$ . Работа цикла отрицательная, следовательно,  $Q < 0$ . Это означает, что по модулю  $|Q_{1-2}| > Q_{2-3} + Q_{3-1}$ .

4. Таким образом, в замкнутом процессе на одних участках получал теплоту, а на других отдавал. При этом отданное количество теплоты больше.

### Задания для самостоятельной работы

Проведите анализ термодинамических циклов в следующих процессах (Рис.20):

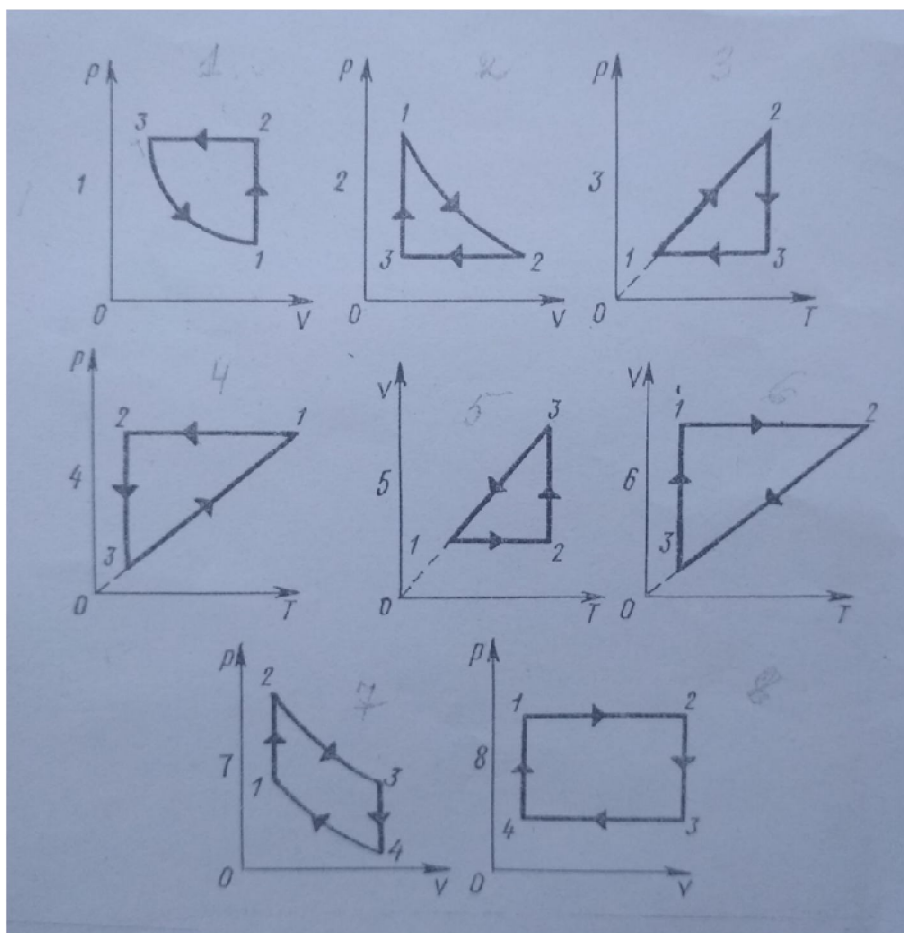


Рис. 20. Термодинамические циклы

**Примечание.** Знак работы газа можно определить по направленности обхода цикла в параметрах  $(p, V)$ . Поэтому сразу можно сказать, что на первой диаграмме  $A < 0$ , а на второй и третьей -  $A > 0$ . Все остальные диаграммы следует перерисовать в параметрах  $(p, V)$ .

## Задачная ситуация №2. Термодинамический цикл Карно

Термодинамический цикл Карно занимает важное место в истории фундаментальной науки, техники и, следовательно, в содержании обучения. Разработка тепловых двигателей, внедрение их в практику поставили вопрос о величине их КПД.



Для идеального цикла, носящего имя Карно, известна формула:

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

$T_1$  и  $T_2$  – температуры нагревателя и холодильника соответственно

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

**Проблема:** как повысить КПД?

**Возможны два способа:** понижение  $T_2$  и повышение  $T_1$ . Но какой же способ эффективнее?

$$1. T_1 \rightarrow T_1 + \Delta T \rightarrow \eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1 + \Delta T} \quad \Delta T > 0$$

$$2. T_2 \rightarrow T_2 - \Delta T \rightarrow \eta_2 = 1 - \frac{T_2 - \Delta T}{T_1}$$

1. Предположим, что  $\eta_1 > \eta_2$

$$1 - \frac{T_2}{T_1 + \Delta T} > 1 - \frac{T_2 - \Delta T}{T_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1 + \Delta T} < \frac{T_2 - \Delta T}{T_1}$$

$$T_1 T_2 < T_1 T_2 - T_1 \Delta T + T_2 \Delta T - \Delta T^2$$

$$\Delta T(-T_1 + T_2 - \Delta T) > 0$$

Но  $T_1 > T_2 \Rightarrow -T_1 + T_2 - \Delta T$  не может быть больше нуля.

Условие  $\eta_1 > \eta_2$  не правомерно.

$$2. \eta_1 - \eta_2 = 1 - \frac{T_2}{T_1 + \Delta T} - 1 + \frac{T_2 - \Delta T}{T_1} = -\frac{T_2}{T_1 + \Delta T} + \frac{T_2 - \Delta T}{T_1} =$$

$$= \frac{-T_1 T_2 + T_1 T_2 - \Delta T^2}{T_1(T_1 + \Delta T)} = -\frac{\Delta T^2}{T_1(T_1 + \Delta T)} < 0 \Rightarrow \eta_1 < \eta_2$$

Таким образом, эффективнее понижение температуры холодильника, но это технически сложнее.

### 3.3. Электричество и магнетизм.

#### 3.3.1 Электрические цепи (исследование характеристик цепи)

**Актуализация:**

**Элементы электрической цепи:**

1. Источник тока, потребители
2. Соединительные провода, ключ
3. Измерительные приборы

Электрические приборы существуют для потребителя (нагревательные, осветительные и т.д.)

**Закона Ома для участка цепи и полной цепи:**

$$I = \frac{U}{R}; \quad I = \frac{\varepsilon}{R+r}; \quad \varepsilon = U + U_B; \quad U_B = Ir$$

Работа тока:  $A = IUt; \quad A = I^2 R t; \quad A = \frac{U^2}{R} t$

Мощность тока (полезная мощность):  $P = IU; \quad P = \frac{U^2}{R}; \quad P = I^2 R$

Закон Джоуля-Ленца:  $Q = I^2 R t; \quad Q = \frac{U^2}{R} t$

КПД цепи:  $\eta = \frac{A_{\text{пол.}}}{A_{\text{затр.}}} = \frac{IUt}{I\varepsilon t} = \frac{IU}{I\varepsilon} = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{R}{R+r} \quad \eta = \frac{P_{\text{пол.}}}{P_{\text{затр.}}}$

**Задачная ситуация №1. Параллельное и последовательное соединение источников постоянного тока**

**Тема: Источники постоянного тока в электрической цепи**

**Ситуация:** в лаборатории есть некоторое количество источников тока, но ни один из них не позволяет получить силу тока, необходимую для потребителя.

**Решение проблемы** – использование нескольких источников.

Соединение может быть **последовательным** и **параллельным**. Обращаем внимание на то, что при различных типах соединения внутреннее сопротивление источников тока подчиняется известным законам соединения резисторов.

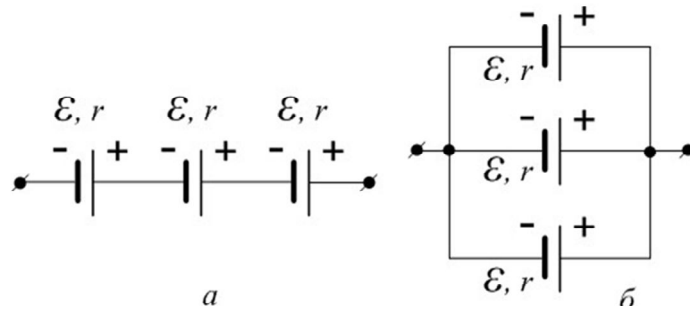


Рис. 21. Последовательное и параллельное соединение источников тока [11]

### 1. Последовательное соединение

$$r = r_1 + r_2 + \dots + \sum_{i=1}^n r_i$$

Если  $r_1 = r_2 = \dots$ , то  $r = nr_i$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{n \cdot \varepsilon}{R+n \cdot r_i}$$

### 2. Параллельное соединение

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i}$$

$$r = \frac{r_i}{n} \quad (r_1 = r_2 = \dots = r_i)$$

Учитывая, что

$$\frac{\varepsilon}{r} = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} + \dots \rightarrow \varepsilon = r * \left( \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} + \dots \right) \text{ и } r = \frac{r_i}{n}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_i$$

$$I = \frac{\varepsilon_i}{R + \frac{r_i}{n}}$$

**Вопрос:** какое соединение источников, параллельное или последовательное, является более эффективным?

Для ответа на этот вопрос проведем анализ формул силы тока при различных соединениях источников. Учтем, что целью соединения является повышения силы тока в цепи.

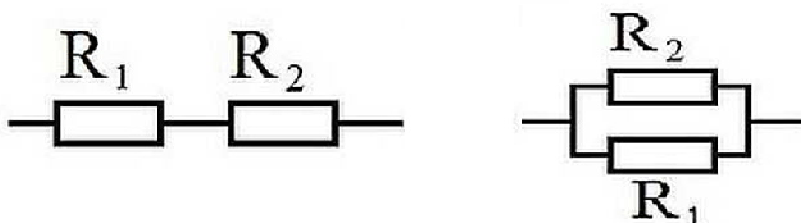
Последовательное:  $I = \frac{n \cdot \varepsilon}{R + n \cdot r_i}$

Параллельное:  $I = \frac{\varepsilon_i}{R + \frac{r_i}{n}}$

Проследим отдельно влияние числителя и знаменателя в полученных формулах. При последовательном соединении числитель возрастает, а при параллельном – не меняется. Знаменатель при последовательном соединении увеличивается, при параллельном – уменьшается.

**Вывод:** в формуле последовательного соединения числитель зависит от количества источников (n) по прямо пропорциональной зависимости, а знаменатель – по линейной. Числитель растет быстрее знаменателя, следовательно соединение увеличивает силу тока. Вопрос в том, как возрастает сила тока. Это зависит от соотношения между **R** и **r**. В формуле параллельного соединения увеличение силы тока также зависит от соотношения между **R** и **r**. Видно, что если внутреннее сопротивление велико, то преобладает роль знаменателя и выгоднее использовать параллельное соединение источников. Однако если же сопротивление нагрузки намного больше внутреннего сопротивления источников, так как знаменатель вносит малый вклад в изменении силы тока. При R примерно равным по значению r последовательное соединение малоэффективно по сравнению с параллельным.

**Задачная ситуация №2**, заданная *рис. 22*.



*Рис. 22. Последовательное и параллельное соединение нагрузки*

**Анализ ситуации.** (Рисунок предлагается без подписи.)

**Задано** последовательное и параллельное соединение резисторов.

**Что известно:** законы последовательного и параллельного соединения.

**Какие вопросы можно поставить:** сравнение работы и мощности тока, количество выделяемой теплоты на резисторах при различных соединениях.

**Последовательное соединение:**

$$\begin{array}{ll}
 I_1 = I_2 = I & R = R_1 + R_2 \\
 U_1 = IR_1 & U_2 = IR_2 \\
 \text{Если } R_2 > R_1 & U_2 > U_1 \\
 A_1 = I^2 R_1 t & A_2 = I^2 R_2 t \\
 P_1 = I^2 R_1 & P_2 = I^2 R_2 \\
 Q_1 = I^2 R_1 t & Q_2 = I^2 R_2 t
 \end{array}$$

**Выводы:**

- на резисторе с большим сопротивлением будет выделяться больше тепла
- резистор с большим сопротивлением потребляет больше мощности, на нем совершается большая работа тока
- если заменить резисторы на лампочки, то накал лампы будет ярче на лампочке с большим сопротивлением

**Параллельное соединение:**

$$\begin{array}{l}
 \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\
 U_1 = U_2 = U \\
 I_1 R_1 = I_2 R_2 \rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \\
 A_1 = P_1 t \quad A_2 = R_2 t \\
 P_1 = \frac{U^2}{R_1} \quad P_2 = \frac{U^2}{R_2} \\
 \text{Если } R_2 > R_1 \quad P_1 > P_2
 \end{array}$$

**Выводы:**

- на резисторе с меньшим сопротивлением будет выделяться больше тепла
- резистор с меньшим сопротивлением потребляет больше мощности, на нем совершается большая работа тока
- из двух лампочек, соединенных параллельно, накал будет ярче у той, у которой меньше сопротивление

### Задачная ситуация 3. Измерительные приборы в электрической цепи

**Тема:** Шунты и добавочное сопротивление

**Ситуация 3.1.** Имеющиеся в лаборатории амперметры не позволяют измерить величину силы тока в цепи (предел измерения амперметра  $I_A < I$ )

**Цель:** расширить пределы измерения амперметра

**Проблема:** как достичь цели? **Необходимо** часть тока отвести от амперметра через параллельно подключенное сопротивление, которое называется **шунтом** (его сопротивление  $R_{Ш}$ )

**Решение проблемы:** использование законов параллельного соединения элементов цепи.

**Задача** состоит в расчете  $R_{Ш}$ . Внутреннее сопротивление амперметра считается известным. **Требование:** в  $n$  увеличить предел измерения амперметра, то есть в  $n$  увеличить цену деления шкалы.

$R_A$  – внутреннее сопротивление амперметра.

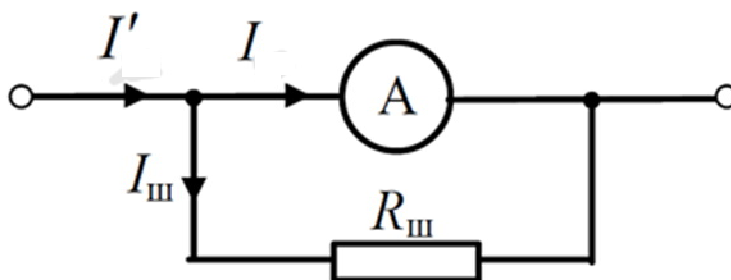


Рис.23. Изменение предела измерения амперметра

По законам параллельного соединения:

$$\begin{cases} I = I_A + I_{Ш} \\ U_A = U_{Ш} \end{cases} \Rightarrow I_{Ш} = I - I_A, \quad I_A R_A = I_{Ш} R_{Ш}$$

$$I_A R_A = (I - I_A) R_{Ш}, \quad R_{Ш} = \frac{I_A R_A}{I - I_A}, \quad R_{Ш} = \frac{R_A}{\frac{I}{I_A} - 1}$$

$$\frac{I}{I_A} = n \Rightarrow R_{Ш} = \frac{R_A}{n - 1}$$

**Вывод:** Сопротивление шунта в  $n-1$  раз меньше сопротивления амперметра. **Обратить внимание** на то, что само сопротивление амперметра  $R_A$  - мало, так как он включается в цепь последовательно и его сопротивление не должно существенно изменять сопротивление цепи.

**Ситуация 3.2.** Имеющиеся в лаборатории вольтметры не позволяют измерить напряжение на заданном участке цепи (предел измерения вольтметра  $U_V < U$ ).

**Цель:** расширить пределы измерения имеющихся вольтметров

**Проблема:** как достичь цели? **Необходимо** часть напряжения перенести на дополнительное сопротивление  $R_D$ , подключив его последовательно к вольтметру.

**Решение проблемы:** использование законов последовательного соединения

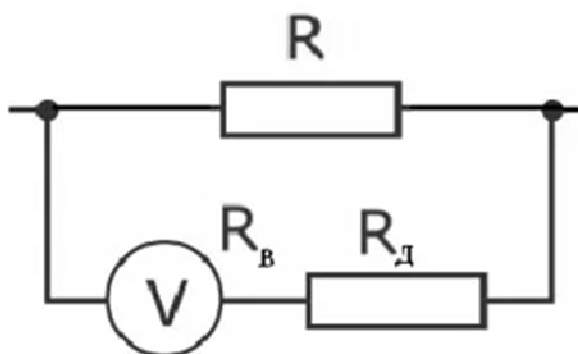


Рис.24. Изменение предела измерения вольтметра

**Задача** состоит в расчете  $R_D$ . Внутреннее сопротивление вольтметра  $R_V$  известно. **Требование:** в  $n$  увеличить предел измерения вольтметра, то есть в  $n$  увеличить цену деления шкалы.

Законы последовательного соединения:  $U = U_V + U_D$ ;  $\frac{U_V}{R_V} = \frac{U_D}{R_D}$

Отсюда:  $R_D = \frac{U_D R_V}{U_V} = \frac{(U - U_V) R_V}{U_V}$

Если  $\frac{U}{U_V} = n$ , то  $R_D = R_V (n-1)$

**Вывод:** Сопротивление шунта в  $n-1$  больше сопротивления вольтметра. Обратить внимание на то, что само сопротивление вольтметра  $R_V$  - велико, так как он включается параллельно и не

должен значительно изменять силу тока на измеряемом участке цепи.

**Задачная ситуация №4. Измерение сопротивления лампочки, используя закон Ома для участка цепи.** (Ситуация может быть сформулирована как проверка закона Ома для участка цепи).

$I = \frac{U}{R}$  – в этом законе  $I$  – сила тока протекающего через резистор,  $U$  – напряжение на резисторе.

**Проблема** возникает при сборке цепи. Возможны два варианта, включения измерительных приборов.

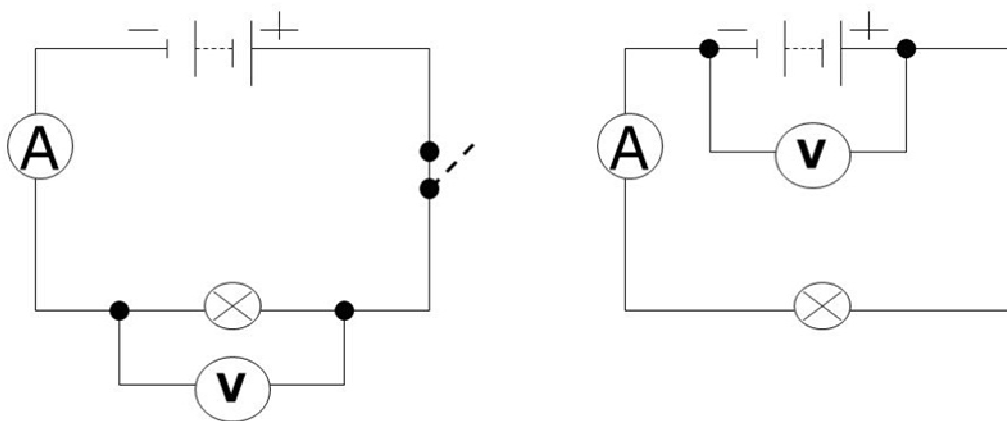


Рис. 25. Подключение вольтметра к потребителю (а) и к зажимам источника (б) [12]

**Примечание:** амперметр регистрирует силу тока, протекающего через него. Он включается последовательно к потребителю. Можно утверждать, что по потребителю течет такой же ток, как и через амперметр:  $I_a = I_R$ . По этой причине сопротивление амперметра делают очень маленьким. Вольтметр регистрирует напряжение на вольтметре, вне зависимости от сопротивления нагрузки. Сопротивление вольтметра делают очень большим.

Вольтметр подключенный к полюсам источника показывает общее напряжение на внешней цепи, включая провода. В лабораторных условиях  $R_{\text{провод}} \ll R$ , то обычно сопротивлением проводов пренебрегают.

$$U_1 \approx U_2$$

Рассмотрим особенности подключения на следующих примерах:



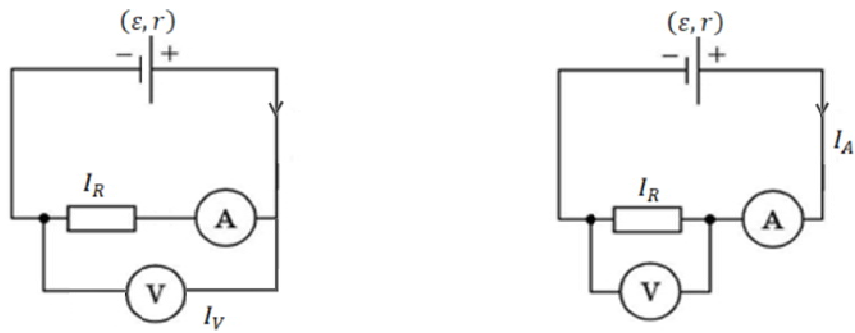


Рис. 26. Подключение вольтметра к нагрузке в соединении с амперметром

**Первый случай:**

$$R_{\text{изм.}} = \frac{U_{\text{изм.}}}{I_{\text{изм.}}} = \frac{U_R + U_A}{I} = \frac{U_R}{I} + \frac{U_A}{I} = R + R_A$$

$$\Delta R = R_{\text{изм.}} - R = R_A$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta R}{R_{\text{изм.}}} = \frac{R_A}{R + R_A} = \frac{1}{1 + \frac{R}{R_A}}$$

При  $R_A \ll R$ ,  $\varepsilon \rightarrow 0$

**Второй случай:**

$$R_{\text{изм.}} = \frac{U_{\text{изм.}}}{I_{\text{изм.}}} = \frac{U_R}{I_R + I_V} = \frac{\frac{U_R}{I_R}}{1 + \frac{I_V}{I_R}} = \frac{R}{1 + \frac{R}{R_V}}$$

$R \rightarrow \infty$ , то  $R_{\text{изм.}} \rightarrow R$

$$\Delta R = R_{\text{изм.}} - R = R \left( 1 - \frac{1}{1 + \frac{R}{R_V}} \right) = R \frac{R}{R_V \left( 1 + \frac{R}{R_V} \right)} = \frac{R^2}{R_V \left( 1 + \frac{R}{R_V} \right)}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta R}{R_{\text{изм.}}} = \frac{R^2}{R_V + R} \cdot \frac{R_V + R}{R_V R} = \frac{R}{R_V}$$

$$R_V \gg R, \quad \varepsilon \rightarrow 0$$

По результатам первой и второй схем:

$$R = R_{\text{изм.}} - R_A$$
$$R = R_{\text{изм.}} \left( 1 + \frac{R}{R_V} \right)$$

**Выводы:** при любом варианте цепи есть погрешность измерения. Выбор варианта зависит от конкретных значений используемого резистора и внутренних сопротивлений измерительных приборов.

**Задачная ситуация №5. Исследование зависимости силы тока от сопротивления потребителя.**

Сравнение напряжения и ЭДС

$$\varepsilon = U_{\text{внеш.}} + U_{\text{внутр.}}$$

$$U_{\text{внеш.}} = \varepsilon - I \cdot r$$

Чем меньше сопротивление источника, тем ближе внешнее сопротивление  $\varepsilon \approx U$ , поэтому в некоторых задачах внутренним сопротивлением пренебрегают и берется  $\varepsilon = U$

**Ситуация №5.1. Зависимость  $I(R)$  при постоянном напряжении  $U$  (Закон Ома для однородного участка цепи).**

Постоянство напряжения на изменяющейся нагрузке можно поддерживать с помощью потенциометра, подключенного к источнику

Рассмотрим зависимость силы тока от сопротивления.

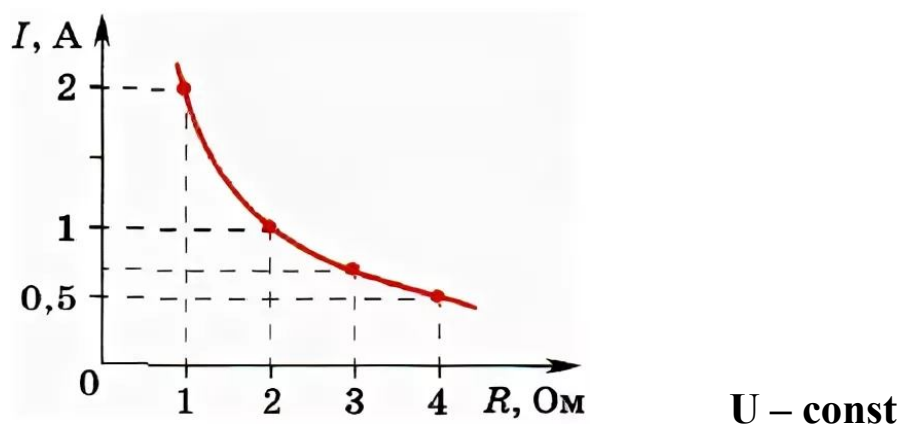


Рис.27. График зависимости силы тока от сопротивления для участка цепи [13]

График зависимости  $I(R)$  для участка цепи **является гиперболой** ( $I = \frac{U}{R}$ )

**Ситуация №5.2.** Зависимость  $I(R)$  при условии  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

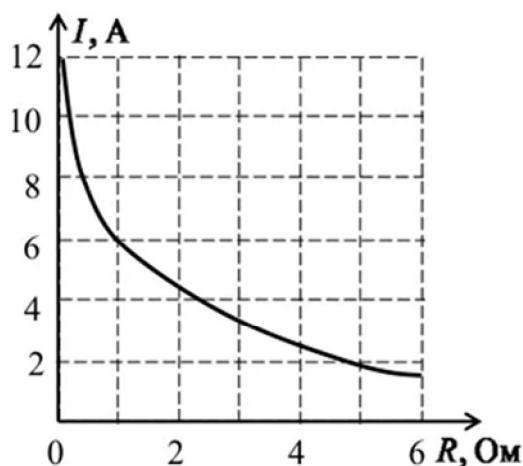


Рис. 28. График зависимости силы тока от сопротивления для полной цепи [14]

В этом случае напряжение на потребителе при изменении его сопротивления изменяется.

График зависимости  $I(R)$  для полной цепи **не является гиперболой**, то есть  $IR \neq \text{const}$  ( $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ )

**Задачная ситуация №6.** Полезная мощность и КПД электрической цепи, их зависимость от характеристик цепи.

**Условие:** в электрической цепи с источником  $(\varepsilon, r)$  с полезной мощностью и нагрузкой изменяется сопротивление нагрузки  $R$ , что приводит к изменению значения силы тока и напряжения.

**Вопросы:**

1. Как зависит полезная мощность от изменения силы тока в цепи?
2. Как изменяется полезная мощность от изменения напряжения в цепи?
3. Как зависит полезная мощность от сопротивления нагрузки?
4. При каких значениях сопротивления нагрузки потребляемая мощность будет максимальной

**Ситуация 6.1.** Зависимость потребляемой мощности от напряжения и силы тока на потребителе.

**Анализ задачной ситуации:**

$$P = UI, \quad \varepsilon = U + Ir, \quad I = \frac{\varepsilon - U}{r}$$
$$P = \frac{\varepsilon - U}{r} U = \frac{\varepsilon U - U^2}{r}$$

Итак

$P = \frac{\varepsilon}{r} U - \frac{1}{r} U^2$ ;  $P = IU = I(\varepsilon - Ir) = \varepsilon I - rI^2$  - уравнения параболы ветвями вниз

**Исследование параболы:**

Вершина параболы:  $x_0 = -\frac{b}{2a}$ ;  $y_0 = y(x_0)$

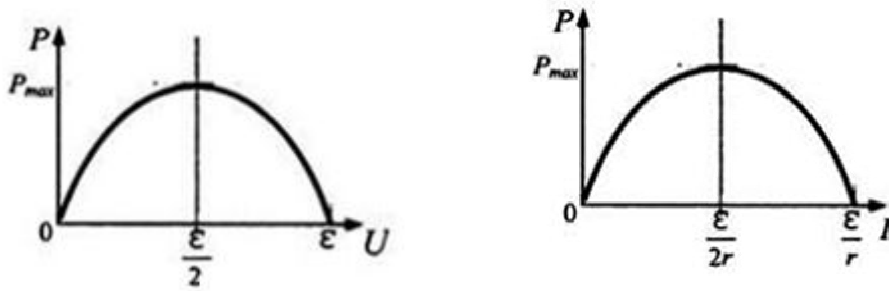


Рис. 29. График зависимости полезной мощности от силы тока и напряжения

**Исследование зависимости от напряжения:**

$$P = \frac{U}{r}(\varepsilon - U)$$

$$P = 0, \text{ если } U = 0; \varepsilon - U = 0$$

Следовательно,  $\varepsilon = U$  - это две точки на оси абсцисс

**Вопрос:** При каких значениях напряжения потребляемая мощность максимальная?

Исследуем функцию на экстремум:

$$\frac{\partial P}{\partial U} = \frac{\varepsilon}{r} - \frac{2u}{r} = 0 \rightarrow U = \frac{\varepsilon}{2} \text{ (из условий параболы), } R = r,$$

$$P_{\max} = \frac{U}{r}(\varepsilon - U) = \frac{\varepsilon}{2r} \left( \varepsilon - \frac{\varepsilon}{2} \right) = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

**Исследование зависимости от силы тока:**

$$\frac{\partial P}{\partial I} = \varepsilon - 2rI = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon}{2r}, \quad R = r$$

**Вывод:** наибольшая полезная мощность достигается при  $U = \frac{\varepsilon}{2}; I = \frac{\varepsilon}{2r}$

**Ситуация 6.2.** При каком значении  $R$  мощность будет максимальной?

$$P = I^2 R$$

$$P = P_{\text{полн.}} - P_{\text{потерь}}$$

$$P = \varepsilon I - I^2 R - \text{уравнение параболы ветвями вниз}$$

$$P = I(\varepsilon - Ir)$$

$$I = 0 \rightarrow P = 0; \quad \varepsilon - Ir = 0 \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r}$$

Исследуем функцию на экстремум:

$$\frac{\partial P}{\partial I} = \varepsilon - 2Ir = 0 \rightarrow I_c = \frac{\varepsilon}{2r}$$

Отсюда  $P_{\text{max}} = \varepsilon \frac{\varepsilon}{2r} - \left(\frac{\varepsilon}{2r}\right)^2 r = \frac{\varepsilon^2}{4r}$

$$P_{\text{max}} = \left(\frac{\varepsilon}{2r}\right)^2 R = \frac{\varepsilon^2 R}{4r^2 R} = \frac{\varepsilon^2}{4r} \rightarrow \frac{R}{r} = 1 \rightarrow R = r;$$

**Вывод:** таким образом, различные подходы к исследованию приводят к результату: полезная мощность максимальна, когда сопротивление нагрузки (потребителя) равно внутреннему сопротивлению источника  $P_{\text{max}}$  при  $R = r$ .

**Ситуация № 6.3.** Полезная мощность и КПД электрической цепи.

Энергия, которую расходует источник передается потребителю. Часть энергии теряется в проводах (закон Джоуля-Ленца). Часть энергии теряется на внутреннем сопротивлении источников.

$$r_{\text{пр}} \gg R$$

**Полезная энергия и мощность:  $P = UI$**

$$P_{\text{затр}} = I\varepsilon; \quad \eta = \frac{P}{P_{\text{затр}}} = \frac{UI}{I\varepsilon} = \frac{R}{R+r}$$

Исследовать КПД и полезную мощность электрической цепи в зависимости от нагрузки и силы тока.

## 1. Зависимость КПД от сопротивления нагрузки (Рис.31.)

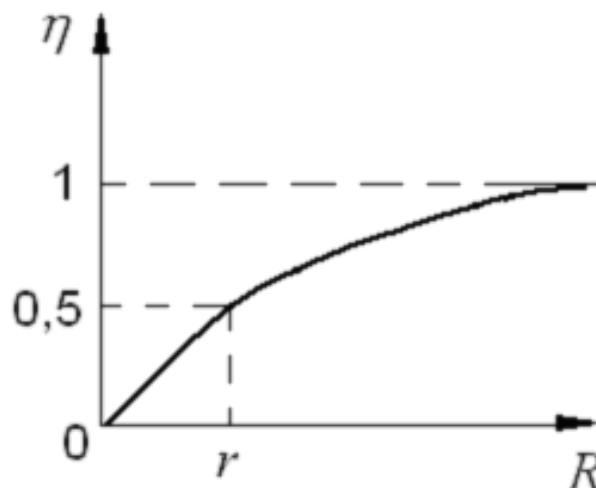


Рис. 30. КПД нагрузки

$$\eta = \frac{R}{R+r} = \frac{R}{R\left(1+\frac{r}{R}\right)} = \frac{1}{1+\frac{r}{R}}$$

$$R \downarrow \Rightarrow \frac{r}{R} \uparrow \Rightarrow \eta \downarrow \text{ (потребления нет)}$$

$R \uparrow \Rightarrow \frac{r}{R} \downarrow \Rightarrow \eta \uparrow$  (при  $R \rightarrow \infty$   $\eta$  асимптотически стремится к единице)

$$R \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{r}{R} \rightarrow 0 \Rightarrow \eta \rightarrow 1$$

**Вывод:** чем больше  $R$ , тем больше  $\eta$ .

Однако потребителя интересует не только КПД, но и потребляемая мощность.

## 2. Зависимость полезной мощности от нагрузки (Рис. 32.)

$$P_{\text{полез.}} = I\varepsilon_{\text{(полн)}} - I^2 r_{\text{(потер)}}$$

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

Изучим соответствующий график:

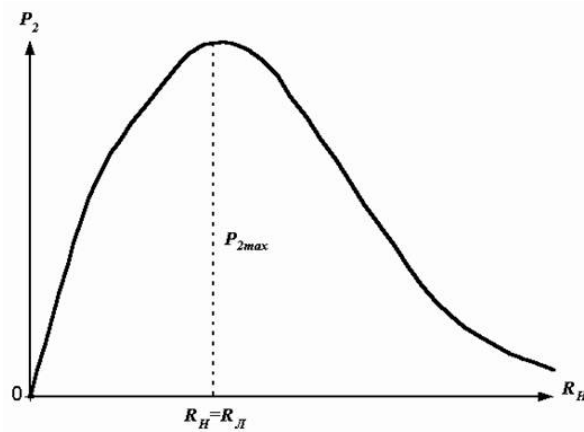


Рис. 31. Полезная мощность нагрузки

В начальной точке  $R_0 = 0$ ,  $P = 0$ ,  $I = 0$  – цепь разомкнута

$$P_{\max} \rightarrow \frac{\varepsilon}{2r}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{2r} \rightarrow R = r$$

$$\eta = \frac{R}{R+r} = 50\%$$

Из-за анализа экстремумов графика потребляемой мощности следует, что максимальное ее значение достигается при  $R = r$ , что соответствует значению:

$$\eta = \frac{R}{R+r} = 0,5$$

**Вывод:** наиболее эффективная полезная мощность достигается в том случае, когда сопротивление нагрузки равно внутреннему сопротивлению источника.

### 3.3.2. Электромагнитная индукция

**Этап актуализации:** Электромагнитная индукция – возникновение электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока  $\Phi$  через поверхность, ограниченную контуром. Ток – это упорядоченное движение зарядов. Создать движение может только электрическое поле. В обычной цепи такое поле создает источник тока. Характеристикой источника является ЭДС. При наблюдении электромагнитной индукции в рассматриваемом контуре источника тока нет, но упорядоченное движение зарядов возникает. Таким образом, в проводнике



появляется электрическое поле. Его характеристикой является ЭДС индукции.

$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  (Вб/с) - скорость изменения магнитного потока

$\Phi = BS \cos \alpha$ ,  $\alpha$  - угол между  $\mathbf{B}$  и перпендикуляром к  $\mathbf{S}$

В опытах Фарадея измерялся электрический заряд  $q$ , который входил в закон ЭМИ, сформулированный им. Эту форму закона можно получить следующим образом:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = - \frac{\varepsilon}{R} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t R}$$

$q = \frac{\Delta\Phi}{R}$  – закон ЭМИ в форме Фарадея

### Задачная ситуация №1. Электромагнитная индукция

1. Знаю ли я, что такое ЭМИ?

2. Количественные характеристики ЭМИ:  $\varepsilon_i = - \frac{\partial\Phi}{\partial t}$ ,  $q = \frac{\Delta\Phi}{R}$

3.  $\Phi = BS \cos \alpha$ . Изменение магнитного потока может быть следствием различных причин:  $B$  – переменная,  $S$  – переменная,  $\alpha$  – переменная.

Рассмотрим каждое из условий возникновения электромагнитной индукции, то есть изменения магнитного потока.

#### 1) Изменение индукции магнитного поля $\mathbf{B}$ .

Поле изменяется от  $B_1$  до  $B_2$  за время  $\Delta t$

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{dB}{dt} S \cos \alpha$$

Примечание:  $\frac{dB}{dt}$  – скорость изменения индукции магнитного поля, единица измерения -  $\frac{Tл}{с}$ .

Если поле  $\mathbf{B}$  изменяется по гармоническому закону  $\mathbf{B} = B_m \cos \omega t$ , то

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = B_m \omega \sin \omega t \cdot S \cos \alpha$$

2) Изменение площади контура в результате увеличения числа витков или изменения его формы

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = - \frac{\Delta S}{\Delta t} B \cos \alpha$$

$\frac{\Delta S}{\Delta t}$  – изменение площади контура, единица измерения -  $\frac{м^2}{с}$

### 3) Изменение угла $\alpha$ .

$$\varepsilon = - \frac{B S \cos \alpha_1 - B S \cos \alpha_2}{\Delta t} = - \frac{B S (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{\Delta t}$$

$B$  – во многих задачах изменение потока создается вращением рамки с постоянной угловой скоростью  $\omega$

$$c = \omega t$$

$$\Phi = B_m S \cos \omega t$$

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = BS\omega \sin \omega t = \varepsilon_m * \sin \omega t$$

Таков принцип получения электроэнергии на многих электростанциях переменного тока.

Примечание: обратить внимание на то, что электрический ток в контуре, то есть явление электромагнитной индукции существует только **в процессе** изменения соответствующей величины  $B$ ,  $S$  или  $\alpha$ .

Далее перейдем к рассмотрению электромагнитных колебаний, предварительно рассмотрев характеристики механических колебания.

### Задачная ситуация №2. Электромагнитные колебания.

#### Актуализация.

Понятие колебаний. Характеристики колебательного движения: смещение от положения равновесия, амплитуда, частота, период, энергия (потенциальная, кинетическая, полная). Колебательные системы в механики и в электромагнетизме.

Конденсатор и катушка индуктивности образуют колебательную систему – электрический колебательный контур. Колебания любой природы имеют общие законы и «родственные характеристики»

### Задачная ситуация №1. Сравнение характеристик механического пружинного маятника и электрического колебательного контура.

Колебание задается законом  $q = q_m \cos(\omega t + \varphi_0)$ ,  $C = \frac{q}{U} \Rightarrow U = \frac{q}{C}$ ,  $i = q'$ .

Если заряженный конденсатор замкнут на катушке индуктивности, то заряд на конденсаторе будет изменяться по закону  $q = q_m \cos \omega t$ , при  $t = 0$ ,  $q = q_m$ .

**Таблица 2. Сравнение характеристик механических и электромагнитных колебаний**

	Характеристики системы			$T$	$\omega$	$E_{\text{п}}$	$E_{\text{к}}$
Механические колебания	$k$	$m$	$\vartheta$	$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$\sqrt{\frac{k}{m}}$	$\frac{kx^2}{2}$	$\frac{m\vartheta^2}{2}$
Электрический колебательный контур	$\frac{1}{C}$	$L$	$I$	$2\pi\sqrt{LC}$	$\sqrt{\frac{1}{LC}}$	$\frac{q^2}{2C}$	$\frac{LI^2}{2}$

**Механические и электромагнитные колебания. Маятники и колебательный контур (ЭМК КК).**

Колебательная система содержит не меньше 2-ух тел. В колебательном контуре это катушка индуктивности и конденсатор.

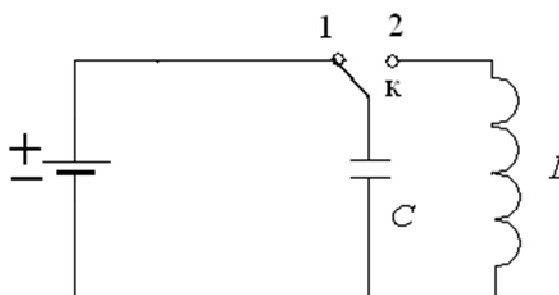


Рис.32. Схема электрического колебательного контура

Рассмотрим подробнее механизм возникновения электромагнитных колебаний:

- 1) Замыкаем ключ 1. Конденсатор заряжается до некоторого  $q_m$ .
- 2) Размыкаем ключ 1 и замыкаем ключ 2, электрический ток направлен от + к -, противоположен направлению движения электронов. Этот ток создает магнитный поток через поверхность, ограниченную витками катушки индуктивности.

3) Электромагнитные колебания в контуре связаны с явлением электромагнитной индукции. В катушке возникает дополнительный

индукционный ток, магнитное поле которого препятствует нарастанию магнитного потока.

Индукционный ток противоположен по направлению основному току, он ослабляет его. Электромагнитная индукция при замыкании ключа 2 препятствует движению электронов с одной обкладки конденсатора на другую. Сила тока через катушку возрастает постепенно. В идеальном контуре ( $R=0$ ).

$$q = q_m \cos \omega t$$
$$I = \frac{dq}{dt} = -\omega q_m \sin \omega t$$

Вся энергия заряженного конденсатора переходит в энергию магнитного поля катушки. Обратите внимание на то, что энергия конденсатора находится не там, где заряд (на пластинах), а в пространстве между обкладками, где находится электрическое поле.

Энергия тока содержится в пространстве, где находится магнитное поле, создаваемое этим током.

Если  $U=0$ , то ток должен прекратиться, однако в следствие ЭМИ он не может это сделать мгновенно. В катушке возникает индукционный ток, направление которого совпадает с основным. Он препятствует уменьшению силы тока.

И в результате в течение некоторого времени ток продолжает течь, уменьшаясь до 0.

**Обратить внимание, что в такой колебательной системе:**

Потенциальная энергия – энергия электрического поля, контура:

$$W_n = \frac{q^2}{2C}$$

Кинетическая энергия – энергия магнитного поля тока в катушке:

$$W_n = \frac{LI^2}{2}$$

**Вопросы:** Определить момент времени, в который энергия электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки индуктивности равны.

Совпадает ли период изменения энергии с периодом колебаний?

Какое физическое явление позволяет возникновению электромагнитных колебаний?

Кинетическая, потенциальная и полная энергия электрического колебательного контура:

$$W_{\Pi} = \frac{q_m^2 \cos^2 \omega t}{2C} \quad W_{\text{К}} = \frac{LI_m^2 \sin^2 \omega t}{2}$$

$$q = q_m \cos \omega t \quad i = i_m \omega \sin \omega t \quad \omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\begin{aligned} W_{\Pi} + W_{\text{К}} &= \frac{q_m^2 \cos^2 \omega t}{2C} + \frac{LI_m^2 \sin^2 \omega t}{2} = \\ &= \frac{q_m^2 \cos^2 \omega t}{2C} + \frac{q_m^2 \omega^2 \sin^2 \omega t}{2\omega^2 C} = \frac{q_m^2}{2C} \end{aligned}$$

Определим, через какой период времени энергия конденсатора станет равной энергии катушки.

$$W_{\Pi} = W_{\text{К}}$$

$$\frac{q_m^2 \cos^2 \omega t}{2C} = \frac{LI_m^2 \sin^2 \omega t}{2}$$

$$\text{tg}^2 \omega t = \frac{q_m^2}{LCI_m^2};$$

$$\text{tg} \omega t = \frac{q_m}{q_m \omega \sqrt{LC}} = 1$$

$$\omega t = \frac{\pi}{4} + \pi n; n = z$$

$$t = \frac{\pi}{4} \frac{T}{2\pi} + \pi n \frac{T}{2\pi}; n = z$$

$$t = \frac{T}{8} + \frac{Tn}{2}; n=z$$

**Вопрос:** Что изменится в ЭКК, если

А) добавить параллельно такой же конденсатор

Б) добавить последовательно такой же конденсатор

В) добавить последовательно такую же катушку индуктивности.

Г) добавить параллельно такую же катушку индуктивности

### 3.4 Оптика

#### 3.4.1. Геометрическая оптика

Геометрическая (лучевая) оптика является важным разделом физики, входящим в содержание обучения. Принципы и законы геометрической оптики находят широкое применение в оптических приборах, используемых в науке и технике. Основным оптическим элементом таких приборов являются тела, прозрачные в оптическом диапазоне: плоскопараллельная пластина, клин, призмы различной формы, линзы. Рассмотрим плоскопараллельную пластину, трехгранную призму и линзы в задачных ситуациях.

**Актуализация знаний:**

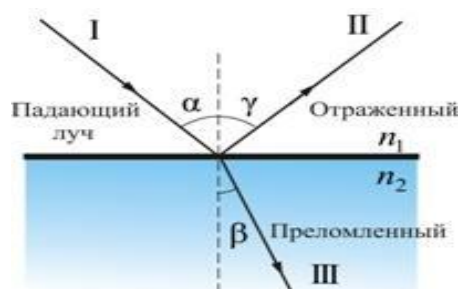


Рис. 33. Закон преломления и отражения

**Законы:**

✓ угол отражения  $\gamma$  равен углу падения  $\alpha$ :  $\gamma = \alpha$ ;  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$ .

✓ луч падающий, отраженный, преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости (Рис.33).

$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ ;  $n_1, n_2$  – абсолютные показатели преломления первой и второй сред.

Физический смысл показателя преломления:  $n = \frac{c}{v}$ ;  $n_{21} = \frac{v_2}{v_1}$ ;

$\beta < \alpha$ , если  $n_2 > n_1$ ;  $\beta > \alpha$ , если  $n_2 < n_1$ .

При падении света на границу раздела двух сред, его энергия распределяется между светом отраженным и преломленным. С увеличением угла падения, увеличивается интенсивность отраженного света, уменьшается – преломленного. Особая ситуация возникает при условии  $n_2 < n_1$ . Угол  $\beta$  достигает значений  $\frac{\pi}{2}$  при  $\alpha = \alpha_0 < \frac{\pi}{2}$ ;  $\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$ . При этом интенсивность преломленного луча становится равной нулю, свет полностью отражается;  $\alpha_0$  - предельный угол полного внутреннего отражения.

**Примечание:** в процессе обучения приведенная выше актуализация знаний о соотношении между углами падения и преломления и явления полного внутреннего отражения в форме задачной ситуации приводится после формулировки законов геометрической оптики.

**Плоскопараллельной пластиной** называется оптически прозрачная система, представляющая собой параллелепипед с двумя параллельными гранями (расстояние между плоскостями мало)[15, с.67].

**Трехгранная призма** – это прозрачное тело ограниченное двумя пересекающимися плоскостями. Угол, образованный пересекающимися плоскостями, называется преломляющим углом призмы, а пересекающиеся плоскости – преломляющими гранями. Линии пересечения плоскостей называются преломляющими ребрами. Плоскость призмы, расположенная напротив преломляющего угла, называется основанием призмы. Трехгранная призма с малым преломляющим углом в случае симметричного хода луча через призму называют **клином**[15, с.77]. Если луч отсекает с обеих сторон призмы равные отрезки от вершины преломляющего угла, то ход луча называется **симметричным**. При этом если призма равнобедренная, то при симметричном ходе внутри призмы луч будет параллелен основанию.

Перейдем к анализу задачных ситуаций на основе законов геометрической оптики.

**Задачная ситуация №1:** свет падает на плоскопараллельную пластину под некоторым углом  $\alpha$ , ширина пластины  $d$ . (Рис.34.)

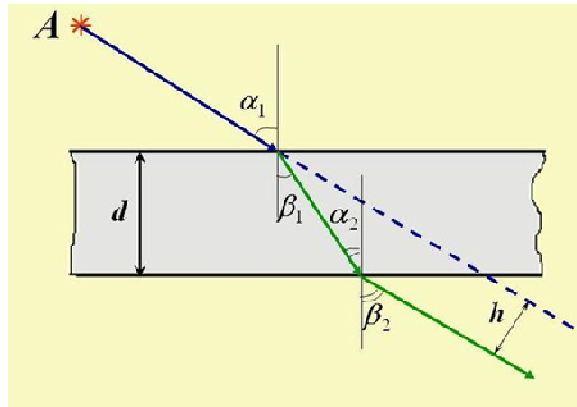


Рис. 34. Прохождение света через плоскопараллельную пластину [16]

Рисунок соответствует условию  $n_3 = n_1 < n_2$

**Формулировка вопросов** (что хочу знать?):

1. Под каким углом выйдет свет в третью среду при условиях  $n_3 = n_1$ :

а)  $n_2 > n_1$ ; б)  $n_2 < n_1$ ?

2. Каково направление света в третьей среде, если  $n_3 \neq n_1$ :

а)  $n_3 > n_1$ ; б)  $n_3 < n_1$ ?

3. Как зависит выход свет от величин  $n_2$  в каждом из выше рассмотренных случаев?

4. При каких условиях возможно полное внутреннее отражения на верхней и нижней границах пластины?

5. Каково смещение луча, прошедшего в третью среду, при различных условиях?

6. В первой среде могут распространяться лучи отраженные от верхней и нижней границ пластины. Каково расстояние между ними?

**Из законов геометрической оптики:**

$$\sin \beta_2 = \frac{n_2 n_1}{n_3 n_2} \sin \alpha_1 = \frac{n_1}{n_3} \sin \alpha_1 \quad \text{если } n_3 = n_1, \text{ то } \beta_2 = \alpha_1, \text{ т.е.}$$

после прохождения плоскопараллельной пластины луч выходит параллельно падающему с некоторым смещением.

Если  $n_3 \neq n_1$ , то  $\beta_2 \neq \alpha_1$  т.е. направление прошедшего луча не параллельно падающему.



### Дополнительные задания:

1. Вычислить величину смещения луча
2. Рассмотреть ситуацию: пластина менее оптически плотная, чем окружающая среда.

**Ситуация 1.1.** Определить расстояние между отраженным лучом и лучом преломленным, отраженным от нижней грани пластинки и преломленным заново?

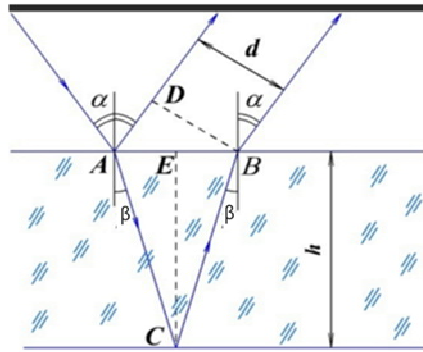


Рис.35. Отражение света от плоскопараллельной пласти-

Из прямоугольных треугольников АЕС и АDB следует:

$$\begin{aligned}\frac{AE}{h} &= \tan \beta; & \frac{d}{AB} &= \sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha \\ \mathbf{d} &= AB \cos \alpha = 2 AE \cos \alpha = 2h \cos \alpha \tan \beta = \\ &= 2h \cos \alpha \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2}} = h \frac{\sin 2\alpha}{\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2}}\end{aligned}$$

**Вывод:** смещение второго отраженного луча относительно первого зависит от  $\alpha$ ,  $d$  и  $n$

### Ситуация 1.2. Полное внутреннее отражение.

Если пластина из материала оптически менее плотного, чем первая среда ( $n_1 > n_2$ ), то полное внутреннее отражение может происходить на первой границе при соответствующем угле падения. Будем рассматривать возможность полного внутреннего отражения на второй границе.

Условие на второй границе:

$$\sin \beta_2 = \frac{n_1}{n_3} \sin \alpha_1$$

Для полного внутреннего отражения необходимо:

$$\sin \beta_2 = 1 \rightarrow \frac{n_1}{n_3} \sin \alpha_1 = 1 ; \sin \alpha_1 = \frac{n_3}{n_1} ;$$

$$\sin \alpha_1 \leq 1 \rightarrow n_3 \leq n_1$$

**Вывод:** полное внутреннее отражение может происходить при условии, что  $n_3 < n_1$  ( третья среда оптически менее плотная чем первая; угол падения должен удовлетворять условию  $\sin \alpha_1 \geq \frac{n_3}{n_1}$

**Задачная ситуация №2:** свет падает на преломляющую грань трехгранной призмы под некоторым углом  $\alpha$ , преломляющий угол  $\varphi$ .

Дальнейшее прохождение света зависит от соотношения оптических плотностей, т.е. показателей преломления призмы и окружающей среды.

**Формулировка вопросов (что хочу знать?):**

1. Как изменяется направление луча после прохождения через призму при условиях: а)  $n_2 > n_1$  б)  $n_2 < n_1$

Ответ получить построением хода луча на основе законов преломления; сделать выводы.

2. Какая картина будет наблюдаться после прохождения света (пункт 1), если падающий свет белый.

3. Рассмотреть условия, при которых угол выхода из призмы равен углу падения; изучить симметричный ход лучей через призму

4. При каких условиях угол отклонения луча будет наибольшим или наименьшим (при условии  $n_2 > n_1$ )

5. При каких условиях свет не пройдет через вторую преломляющую грань?

а) выходящий луч скользит вдоль второй преломляющей грани

б) выходящий луч, испытав полное внутреннее отражение, выходит в окружающую среду через основание призмы.

6. При каких условиях, луч преломившись на первой грани, отклонится к основанию, не попадая на вторую преломляющую грань; рассмотреть выход луча через основание.

7. Как изменятся ответы на приведенные выше вопросы, если изменять окружающую среду, сохраняя условия, что призма оптически плотнее окружающей среды; например: а) окружающая среда – воздух; б) окружающая среда – вода

8. Какова связь между величинами: преломляющий угол призмы, угол отклонения луча, угол падения на призму и угол выхода и призмы.

9. На рисунках представлено прохождение лучей через трехгранные призмы. Провести анализ ситуации; обратить внимание на практическое применение таких призм. (Рис.36.)



Рис.36. Прохождение лучей через трехгранные призмы

Приведем решение некоторых из поставленных вопросов.

**Ситуация 2.1.** Какова связь между величинами: преломляющий угол призмы, угол отклонения луча, угол падения на призму и угол выхода и призмы. (Рис.37.)

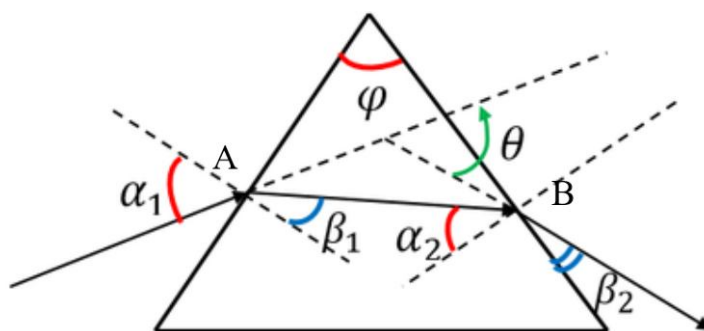


Рис.37. Преломление света трехгранной призмой

$$\delta = 180 - (180 - (\alpha_1 - \beta_1) - (\alpha_2 - \beta_2)) = (\alpha_1 + \alpha_2) - (\beta_1 + \beta_2) = \alpha_1 + \alpha_2 - \varphi$$

$$\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \varphi$$

**Ситуация 2.2.** Какова взаимная связь показателя преломления, преломляющего угла и угла падения света на призму при условии симметричного хода луча внутри призмы; Какие характеристики можно определить из полученного результата (Рис.38)?

$$n = \frac{\sin \frac{\sigma + \varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}$$

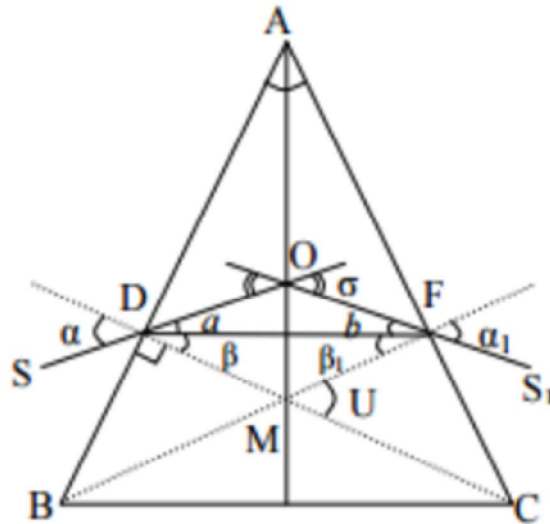


Рис.38. Симметричный ход лучей в призме

Используя законы геометрии для треугольников и законы геометрической оптики можно получить:

$$\begin{aligned} \alpha &= a + \beta; & \alpha_1 &= b + \beta_1 \\ \sigma &= a + b = \alpha - \beta + (\alpha_1 - \beta_1) = \\ & \alpha_1 + \alpha - (\beta + \beta_1) = 2\alpha - 2\beta \end{aligned}$$

$$(\alpha = \alpha_1; \quad \beta = \beta_1);$$

$$\varphi = \beta + \beta_1 = 2\beta; \quad \alpha = \frac{\sigma + \varphi}{2};$$

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \frac{\sigma + \varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}$$

**Ситуация 2.3.** Свет перпендикулярно на трехгранную призму и на выходе скользит вдоль второй грани призмы. При каком условии это возможно (Рис.39)?

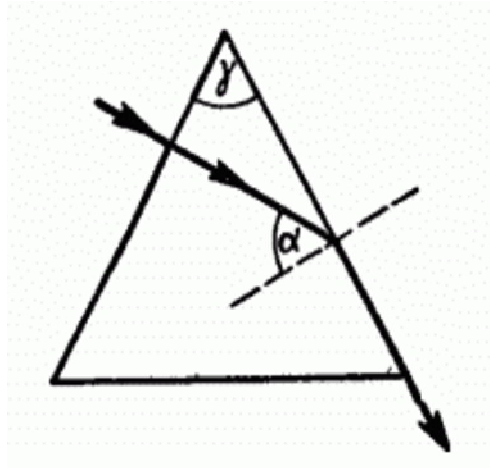


Рис. 39. Полное внутреннее отражение об одну из граней призмы

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}; \quad \sin \alpha = \sin \beta \frac{n_2}{n_1};$$

$$\delta = 90^\circ - \alpha = 180^\circ - 90^\circ - \varphi = 90^\circ - \varphi \rightarrow \alpha = \varphi$$

$$\sin \varphi = \sin \beta \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Преломляющий угол призмы должен соответствовать отношению показателей преломления призмы и среды.

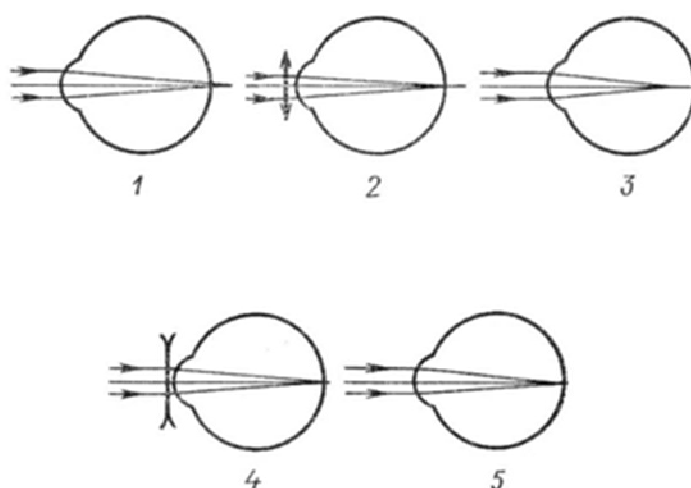
**Задачная ситуация №3.** Заданы главная оптическая ось, линза, фокусное расстояние (Смотреть на 10 стр. пособия)

**Актуализация:** понятие тонкой линзы, ее характеристики, формула линзы, характеристики линзы, линзы собирающие и рассеивающие, виды изображений.

**Формулировка вопросов** (что хочу знать?):

Построить изображение в собирающей и рассеивающих линзах при различных расстояниях от предмета до линзы ( $d < F$ ,  $d = F$ ,  $F < d < 2F$ ,  $d = 2F$ ,  $d > 2F$ ) и сделать выводы о характере изображений.

**Задачная ситуация 4.** Оптическая система глаз. Очки. (Рис.40.)



**Рис. 40.** Глаз как оптическая система [17, с. 348]

**Актуализация (что надо знать?):**

1. Глаз как оптическая система: хрусталик – собирающая линза, сетчатка – экран, расстояние от хрусталика до сетчатки – расстояние  $f$  от линзы до экрана.
2. Минимальный размер на сетчатке – 0,002 мм при угле зрения  $1^\circ$  с расстояния наилучшего зрения. [18, с. 215]
3. Минимальный угол зрения, необходимы для раздельного видения двух точек предмета (для нормального зрения) –  $1^\circ$ .
4. Давление прозрачной жидкости внутри глаза (внутриглазное давление) 10,4 Па (780 – 785 мм рт.ст.).
5. Фокусное расстояние хрусталика нормального глаза в состоянии покоя 58 дптр, в состоянии аккомодации - 70 дптр
6. Хрусталик глаза – выпуклая линза, функционирует в условиях собирающей линзы. Экран – сетчатка. Дефекты глаза: близорукость и дальнозоркость. Очки, исправляющие дефект глаза.
7. Изображение в собирающей линзе действительное, если расстояние до предмета больше фокусного расстояния. Для нормального глаза расстояние наилучшего зрения приблизительно равно 25 см. Для близорукого – меньше 25 см, для дальнозоркого – больше 25 см.
8. Общая формула линзы:  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D$

Принцип построения изображения  $f \approx const.$  расстояние от линзы до экрана  $\approx const.$   $d - FD$

**Формулировка вопросов** (что хочу знать?):

1. Какие рисунки соответствуют нормальному, близоручному и дальнозоркому глазу?

2. Какие очки необходимы для глаза с дефектом?

3. Задать количественные характеристики и проверить расчеты.

Нормальный глаз за счет аккомодации может видеть предмет на расстоянии от 0,25м (25 см) до бесконечности. У близоручного и дальнозоркого глаза аккомодация ограничена. Расстояние наилучшего зрения нормального глаза  $d_0 > 25$  см [19].

**Задача 1.** Определить оптическую силу очков для дальнозоркого человека, чтобы он мог видеть так же как человек с нормальным зрением.

Дано	Анализ и решение
$d_0 = 0,25$ м $d = 1$ м	$D_0$ – оптическая сила линзы $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D_0 \text{ (без очков)} \\ \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f} = D_0 + D \text{ (с очками)} \end{array} \right.$ Решаем систему уравнений: $\frac{1}{d_0} - \frac{1}{d} = D \Rightarrow D = \frac{d_0 - d}{d_0 d}$ $D = \frac{0.25 - 1}{0.25 \cdot 1} = -3 \text{ дптр}$

Предложенное решение позволяет определить оптическую силу очков для чтения.

**Между тем, возникает вопрос:** будут ли видеть в данных очках глаза хорошо вдаль?

Таким образом, у близоручного и у дальнозоркого человека две проблемы: читать на расстоянии наилучшего зрения и видеть вдаль. С помощью одних очков эту проблему не решить. В связи с этим рассмотрим ряд тематических задач. Их решение позволяет расширить знания о дефектах глаза и способах их исправления с помощью очков.

Дано	Анализ и решение
$d_0 = 25 \text{ см}$ $f = 18,3 \text{ мм}$	Глаз аккомодируется на расстоянии $d_1 = d_0$ и $d_2 = \infty$
	$1. \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f} = D_1 \Rightarrow D_1 = \frac{f+d_0}{fd_0} = \frac{0,25+0,01}{0,01 \cdot 0,25} = 58,4 \text{ дптр}$
	$2. d = \infty \frac{1}{d} \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{1}{f} = D_2$ $D_2 = \frac{1}{0,0183} = 54,6 \text{ дптр}$
$D_{min} - ?$ $D_{max} - ?$	

**Вывод:** при аккомодации глаза изменялась величина его фокусного расстояния

В следующей задаче представлен вопрос о выборе очков для чтения

Дано	Анализ и решение
$d = 1 \text{ м}$ $d_0 = 0,25 \text{ м}$ (чтение)	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D_0 \text{ (без очков)} \\ \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f} = D_0 + D \text{ (с очками)} \end{array} \right.$
Найти $D_{\text{очк.}} - ?$	Решаем систему уравнений: $\frac{1}{d_0} - \frac{1}{d} = D \Rightarrow D = \frac{d-d_0}{d_0 d}$ $D = \frac{1 - 0,25}{0,25 \cdot 1} = 3 \text{ дптр}$
	Определим D очков для дальнего зрения $- \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D_0 \text{ (без очков)} \\ \frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = D_0 + D \text{ (с очками)} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{1}{d} = -D_0 \Rightarrow D_0 = -\frac{1}{d}$ $D = 1 \text{ дптр}$



**Задача 4.** Забыв очки, человек читает газету, приближая текст к глазам на расстояние  $d=16$  см. Какие очки для чтения он использует?

Дано	Анализ и решение
а) $d = 20$ см б) $d = 16$ см	$\text{а) } \begin{cases} \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D_0 \text{ (глаза)} \\ \frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = D_0 + D \text{ (очки)} \end{cases} \Rightarrow D_0 = \frac{1}{d} = -5 \text{ дптр}$ <p><math>d = 16</math> см Очки для чтения? В этой ситуации с очками должно быть <math>d_0</math></p> $- \begin{cases} \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D_0 \text{ (без очков)} \\ \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f} = D_0 + D \text{ (с очками)} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{d_0} - \frac{1}{d} = D$ $D_0 = \frac{d - d_0}{d_0 d} = \frac{0,16 - 0,25}{0,16 \cdot 0,25} = -\frac{0,09}{0,16 \cdot 0,25} = -2,25 \text{ дптр}$

**Задача 5.** Пределы аккомодации глаза близорукого человека лежат между  $d_0 = 16$  см и  $d = 80$  см. В очках он хорошо видит удаленные предметы. На каком минимальном расстоянии он может держать книгу при чтении в тех же очках?

Дано	Анализ и решение
$d_0 = 16$ см, $d = 80$ см. $d = \infty$ (с очк)	<p>При аккомодации изменяется оптическая сила глаза (радиус кривизны хрусталика). Минимальная <math>d &lt; 0,25</math>. Следовательно, глаз близорукий. С очками <math>d = \infty</math></p> <p><math>D</math> – оптическая сила глаза  <math>D_0</math> – очки</p> $\begin{cases} \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f} = D \\ \frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = D_0 + D \end{cases} \Rightarrow D_0 = -\frac{1}{d_2}$ <p>При чтении аккомодация на <math>d_2</math>:</p>
$d_{min} - ?$	

$$\text{С очками} \begin{cases} \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f} = D \\ \frac{1}{d_x} + \frac{1}{f} = D_0 + D \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{d_x} - \frac{1}{d_1} = D_0$$

$$\frac{1}{d_x} = D_0 + \frac{1}{d_1} = \frac{d_2 - d_0}{d_2 d_0} + \frac{1}{d_1} = \frac{(d_2 - d_x)d_1 + d_2 d_0}{d_1 d_2 d_0}$$

$$\frac{1}{d_x} = D_0 + \frac{1}{d_1} = -\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_1} = \frac{-d_1 + d_2}{d_1 d_2}$$

$$D_0 = \frac{d_1 d_2}{d_2 - d_1} = \frac{16 \cdot 80}{80 - 16} = 20 \text{ см.}$$

Ответ: на расстоянии 20 сантиметров

### 3.4.2. Интерференция и дифракция.

**Задачная ситуация №1:** Интерференция от двух когерентных источников. Примечание:  $d \ll L$

**Формулировка вопросов** (что хочу знать?):

1. Каков результат интерференции в точке, находящейся в середине  $\frac{d}{2}$

2. Каков результат интерференции в точке, находящейся под одним из источников?

3. На каком расстоянии от центра будет первый максимум?

4. Почему для наблюдения интерференции необходимо условие  $d \ll L$

**Предлагаемые решения:**

1. Каков результат интерференции в точке, находящейся в середине  $\frac{d}{2}$ ?

$$\Delta = r_2 - r_1 = k\lambda = 0 \rightarrow \text{максимум (k=0)}$$

2. Каков результат интерференции в точке, находящейся под одним из источников?

$$\Delta = r_2' - r_1' = \sqrt{L^2 + d^2} - L = L \sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}} - L$$

1)  $\Delta = k\lambda$  (max)

$$\frac{d^2}{2L} = k\lambda; \quad d = \sqrt{2Lk\lambda}$$

$$2) \frac{d^2}{2L} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} = (k + \frac{1}{2})\lambda$$

$$d = \sqrt{k + \frac{1}{2}} \sqrt{2L\lambda}$$

3. На каком расстоянии от центра будет первый максимум (Рис.42.)?

$$r_1 = \sqrt{L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2}; \quad r_2 = \sqrt{L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2}$$

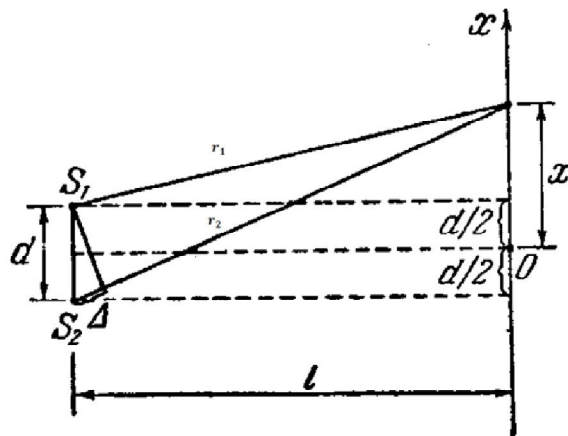


Рис.42 Интерференция от двух когерентных источников

$$\Delta = r_2 - r_1 = k\lambda$$

$$r_2^2 - r_1^2 = L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2 - L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2 = x^2 + 2x\frac{d}{2} + \frac{d^2}{4} - x^2 + 2x\frac{d}{2} - \frac{d^2}{4} = 2xd$$

Учитывая, что :  $d \ll L$

$$\Delta = \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2 + r_1} = \frac{2xd}{2L}$$

$$x = \frac{L}{d} k\lambda$$

## Задачная ситуация №2. Дифракция.

### Актуализация:

Дифракция – огибание волнами препятствий. Обнаружение дифракции подтверждает волновые свойства объекта.

Принцип Гюйгенса-Френеля: каждая точка пространства, до которой дошел фронт волны, становится источником вторичных волн. Фронт волны – это множество точек, до которых волны источника доходят в данный момент времени.

### Формулировка вопросов (что хочу знать?):

1. Почему волновые свойства света в течение длительного времени не замечали?

**Вопрос:** На решетку падает белый свет. Что наблюдается на экране?

В центре белый свет  $k = 0 \rightarrow$  условие максимума

Каждый последующий спектр шире предыдущего. Спектры разных порядков могут накладываться друг на друга.

Используя дифракционную решетку определить скорость света в воде.

$$\begin{aligned}d \sin \varphi &= k \lambda \\ \lambda_1 &= \frac{d \sin \varphi_1}{k} \\ \lambda_2 &= \frac{d \sin \varphi_2}{k} \\ v_2 &= \frac{v_1 \lambda_2}{\lambda_1} = \frac{c d X_2 k L_1}{k L_1 d X_1} = \frac{c X_2}{X_1}\end{aligned}$$

## Задачная ситуация №3 . Фотоэффект.

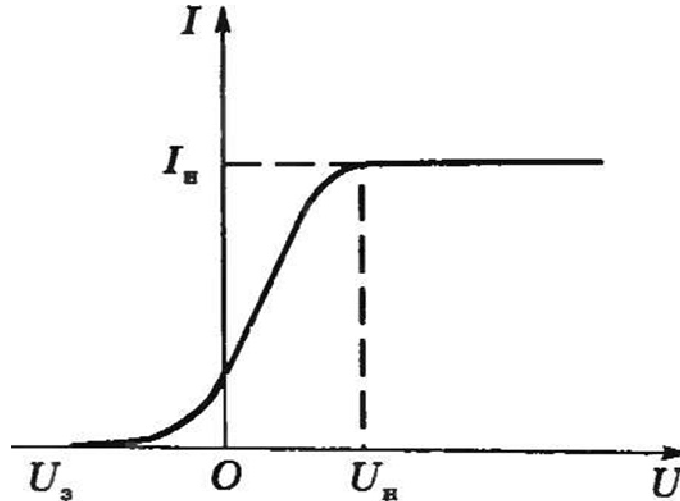
### Актуализация:

- Выбивание электронов из вещества под действием света.
- Внешний фотоэффект.
- Теория – двойственная природа света.
  - Квант света - фотон
  - $\varepsilon = h\nu \quad p = \frac{\varepsilon}{c} \quad h\nu = A + E_K$
  - Красная граница фотоэффекта

$$h\nu = A + eU_3$$

$$U_3 = \frac{h\nu}{e} - \frac{A}{e} = kx + l$$

**Вопрос:** Как определить подтвердить  $h$  и  $A$  экспериментально с различной  $\nu$ ?



*Рис.43. Вольт-амперная характеристика фотоэффекта*

$I_0$  – создаются наиболее быстрыми электронами

$I$  увеличивается до  $I_{max}$  ( $I_{насыщ.}$ )

$$h\nu = A + E_{max}$$

$$E_{max} = eU_3$$

В установке замкнутой без источника при освещении одной из пластин идет ток  $I_0$  за счет электронов с максимальной кинетической энергией. Если на освещаемую пластинку подать положительный потенциал – создать напряжение  $U$  между пластинами, то это напряжение будет тормозить движение электронов, задерживать их и при некотором  $U = U_3$  сила тока в цепи станет равной нулю  $I = 0$ .

$$A = eU_3 = E_{max}$$

Для данного металла  $U_3$  зависит от частоты  $\nu$  ( $A = \text{const}$ )

$$A_1 > A_0 \rightarrow U_{3.1} < U_{3.2} \quad (\nu - \text{const})$$

Экспериментально получены результаты:

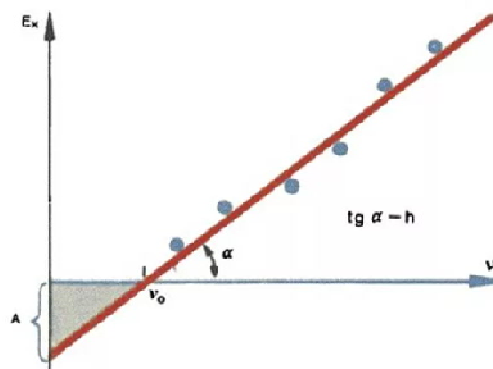
$\nu$	$\nu_1$	$\nu_2$	$\nu_3$	$\nu_4$	$\nu_5$	$\nu_6$	$\nu_n$
$U_3$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	$U_6$	$U_n$

$$h\nu = A + eU_3$$

$$U_3 = \frac{h\nu - A_B}{e} = \frac{h\nu}{e} - \frac{A_B}{e} = \nu \frac{h}{e} - \frac{A_B}{e} \text{ — график прямой } y = kx + b$$

(Рис.45)

По осям координат указан масштаб



**Рис. 44.** Зависимость задерживающего напряжения от частоты падающего света

По точке пересечения можно найти работу выхода:

$$\frac{h}{e} = \frac{U_2 - U_1}{\nu_2 - \nu_1} = \tan \alpha$$

**Вопрос:** Почему для определения  $h$  используется большое количество экспериментов?

**Ответ:** Каждый результат измерения содержит погрешность.

**Вопрос:** освещаются металл и полупроводник. На металле наблюдается внешний фотоэффект, на полупроводнике — внутренний. Будут ли пластины заряженными после освещения?

**Ответ:** внешний фотоэффект — вырывание электронов из вещества. Металл в результате фотоэффекта зарядится положительным зарядом. Потому что заряд части протонов окажется некомпенсированным.

Внутренний фотоэффект — отрыв электронов от атома под действием света. Он способствует увеличению силы тока. Полупроводник будет незаряженным, потому что в нем сохраняется равное количество электронов и протонов.

## **Заключение**

В предлагаемом учебно-методическом пособии представлены программа и дидактические материалы, по которым проводилась апробация на учебных занятиях по элективной дисциплине «Физика в задачах» и которые, в принципе, являются вариативными. Они могут изменяться в зависимости от условий обучения: количества часов, контингента обучаемых, их запросов и т.д. Авторы будут благодарны за отзывы, замечания и предложения по представленному материалу.

## Список использованных источников

1. Мастропас З.П., Синдеев Ю.Г. Физика: Методика и практика преподавания/ Серия «Книга для учителя». – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 288 с; с. 33
2. Дамитов Б.К. Методика обучения решению задач по физике. – Уральск, 2002. – 216 с.
3. Л.М. Фридман, Е.Н. Турецкий. Как научиться решать задачи. – М.: Просвещение, 1989. – 192 с.
4. П.М. Эрдниев. Преподавание математики в школе. – М.: Просвещение, 1973. – 304 с.
5. П.М. Эрдниев. УДЕ как педагогическая технология. Часть 1. – М.: Просвещение, 1992. – 1176 с
6. Эрдниев О.П. От задачи к задаче – по аналогии. – М.: АО «Столетие», 1998. – 288 с.
7. Кронгарт Б., Кем В., Койшыбаев Н. Физика учебник для 10 классов. Алматы «Мектеп», 2010 – 400с; 35с.
8. Гольфгат И.М., Генденштейн Л.Э., Карик Л.А. 1001 задач по физике – Москва-Харьков «Гимназия», 1997. – 8 с.
9. А.П.Рымкевич, П.А.Рымкевич. Сборник задач по физике-Москва "Просвещение" 1984, 192с.
10. Турчина Н.В. Физика 3800 задач для школьников и поступающих в вузы, Москва: Издательский дом «Дрофа», 2000
11. Интернет материал: <https://pandia.ru/text/80/485/37324.php>
12. Интернет материал: <https://school-textbook.com/presentation/pr-fizika>
13. Интернет материал: [https://tepka.ru/fizika\\_8/m44.html](https://tepka.ru/fizika_8/m44.html)
14. Интернет материал: <https://textarchive.ru/c-1808164.html>
15. Заказное Н. П. и др. Теория оптических систем: Учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов/Н. П. Заказнов, С. И. Кирюшин, В. Н. Кузичев.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1992. — 448 с; 67-77с.
16. Интернет материал: <https://slide-share.ru/tema-2-100890>
17. Нац. центр государственных стандартов образования и тестирования; Алматы 2002 г, 348с, 414с, №1500,1501
18. Енохович А.С. Справочник по физике. – М.: Просвещение, 1990. – 384 с.
19. Н.А.Закиров Р.Р. Аширов Физика 8 класса. Издательство «Арман – ПР» 2018 г.
20. Интернет материал: <http://900igr.net/prezentacija/fizika/fotoeffekt>



Кузьмичева А.Е., Козлов В.С., Кажмуканова Д.М.

**ФИЗИКА В ЗАДАЧАХ.**  
**Элективный курс**

*Учебно-методическое пособие*

Научный редактор:	Кужалиева Р.Р.
Компьютерная верстка и дизайн:	Панова Е.Е.
Технические редакторы:	Сахметова С.К.

Объем 16,8 п.л., Тираж 100 экз. Заказ № 119.

---

Редакционно-издательский центр ЗКГУ им. М. Утемисова,  
090000, г.Уральск, пр. Н.Назарбаева, 162.