

КОСТАНАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ  
И ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

**Дёмина Надежда Федоровна**

# **Использование исследовательских задач в процессе обучения физике**

**Учебно-методическое пособие**

Костанай 2018

УДК 53  
ББК 22.3 я73  
Д 30

**Автор:** Дёмина Н.Ф., кандидат педагогических наук,  
доцент кафедры физико-математических и  
общетехнических дисциплин

**Рецензенты:** Майер Ф.Ф., кандидат физико-математических наук,  
доцент, руководитель аппарата, и.о. проректора по  
учебной работе и новым технологиям обучения  
Костанайского государственного университета имени  
А.Байтурсынова

Касымова А.Г., кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры физико-математических и  
общетехнических дисциплин КГПИ

Дёмина Н.Ф.

**Д 30** Использование исследовательских задач в процессе обучения  
физике. Учебно-методическое пособие. – Костанай. КГПИ, 2018 г. –  
100 с.

ISBN 978-601-7934-46-0

Учебно-методическое пособие предназначено студентам, магистрантам  
специальности «Физика», учителям физики.

В пособии раскрыто понятие «исследовательская задача», определены  
критерии, ей характерные и методические особенности решения задач  
такого типа.

ISBN 978-601-7934-46-0

© Дёмина Н.Ф., 2018  
© КГПИ, 2018

## Содержание

Введение.....	4
1 Физическая задача как средство обучения физике.....	5
1.1 Роль задач в обучении физике.....	5
1.2 Классификация физических задач.....	7
1.3 Методика решения физических задач.....	15
2 Учебно-исследовательская деятельность учащихся.....	20
2.1 Понятие «исследовательская задача».....	20
2.2 Классификация исследовательских задач.....	22
3 Методика решения исследовательских задач.....	28
3.1 Методические особенности решения исследовательских задач.....	28
3.1.1 Решение качественных исследовательских задач.....	36
3.1.2 Методика решения «задач-оценок».....	40
3.1.3 Методика решения «задач-рисунков».....	45
3.1.4 Решение экспериментальных исследовательских задач	48
3.1.5 Методика решения задач с техническим содержанием.....	53
3.2 Графические задачи – как вид исследовательской задачи.....	58
3.3 Границы применимости исследовательских задач.....	83
Задачи для самостоятельного решения.....	93
Заключение.....	97
Список использованной литературы.....	99

## ВВЕДЕНИЕ

Физическая задача является эффективным средством обучения физике, что доказано теоретически и подтверждено практикой.

Решение физических задач способствует формированию многих личностных качеств школьника. Именно это сегодня является стержнем реформирования школьного образования, происходящего в Республике Казахстан.

В методической литературе сложилась традиционная классификация физических задач. Вместе с тем, есть физические задачи, решение которых предполагает реализацию алгоритма исследовательской деятельности в области физики.

Для их решения используется гипотеза, разрабатывается план осуществления, план движения к ней, расчёты или выполнение эксперимента, выводы, проверка результатов решения.

Это побудило нас выделить особый вид физических задач – «исследовательские задачи».

В пособии обосновано введение понятия «исследовательская задача», выделены критерии, которым она должна удовлетворять, предложена классификация таких задач, и выделены методические особенности их решения.

В виду их сложности, оригинальности приёмов используемых при решении, предлагаемые в пособии задачи приведены с решениями. Приведённые решения раскроют методические подходы, которые не используются при решении традиционных физических задач, что на наш взгляд повысит уровень методической подготовки будущих учителей физики.

Толстой Л.Н. сказал: «Если ученик в школе не научился сам ничего творить, то и в жизни он всегда будет только подражать, копировать, так как мало таких, которые бы, научившись копировать, умели сделать самостоятельное приложение этих сведений» [1].

Данное высказывание является актуальным в наши дни. Проблема, которая стоит перед школой – развить творческие способности учащихся, расширить кругозор их мысли.

Если решать исследовательские задачи по физике, то это будет способствовать развитию практических умений, логического мышления, умения оценивать явления, выдвигать гипотезы, а так же будет способствовать развитию креативности учащихся.

# 1 ФИЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

## 1.1 Роль задач в обучении физике

В самом общем виде, задача – это система, обязательными компонентами которой являются: предмет задачи, находящийся в исходном состоянии, и модель требуемого состояния предмета задачи.

Балл Г.А. выделяет три возможных подхода к характеристике понятия «задача»:

– задача представляет собой определенную ситуацию, которая требует от субъекта некоторого действия;

– задача есть определенная ситуация действия, направленного на нахождение неизвестного посредством его существующей связи с известным;

– задача, есть такая ситуация, в которой от субъекта требуется отыскать действие, направленное на установление связи неизвестного с известным, но в тех условиях, когда субъект не владеет способом этого действия [2].

На уроках физике, все вопросы, возникающие в ходе изучения учебного материала, являются для учащихся задачами. Решением задачи будет являться активное целенаправленное мышление.

Американский математик Пойа Д. писал: «Основная часть нашего сознательного мышления связана с решением задач. Когда мы не развлекаемся и не мечтаем, наши мысли направлены к какой-то конечной цели, мы ищем пути и средства к достижению этой цели, мы пытаемся выработать какой-то курс, следуя которому можно достичь нашей конечной цели» [3].

Если при постановке проблемы сразу ясен путь её решения, то она правильно определяется как упражнение. Только тогда, когда у ученика не хватает достаточных знаний, чтобы создать непосредственный алгоритм решения, проблема действительно представляет собой задачу. После того как ученик решил конкретную проблему, это проблема становится упражнением.

Таким образом, задача предполагает необходимость сознательного поиска соответствующего средства для достижения ясно видимой, но непосредственно недоступной цели.

В методике под физической задачей понимают проблему, решаемую с помощью логических умозаключений, математических действий, эксперимента на основе законов и методов физики [4].

Каждая задача содержит информационную часть, условие и требование – вопрос. Информационная часть может быть достаточно богатой, поэтому само содержание задачи позволяет знакомить с историей, с достижениями техники, сообщать сведения из других наук.

Решая физические задачи, ученик развивает в себе мыслительные творческие способности. Создавая на уроках проблемную ситуацию с помощью задачи, можно активизировать мыслительную деятельность учеников.

Решение задач относится к практическим методам обучения и как составная часть обучения физике выполняет те же функции, что и обучение физике: образовательную, воспитательную, развивающую, но, опираясь на активную мыслительную деятельность ученика.

Образовательная функция задачи заключается в сообщении учащимся определённых знаний, выработке у учащихся практических умений и навыков, ознакомление их со специфическими физическими и общенаучными методами и принципами научного познания. Решение задач выполняет функцию формирования и обогащения понятия физической величины.

Воспитательная функция задач участвует в формировании научного мировоззрения учащихся. Они позволяют проиллюстрировать многообразие явлений и объектов природы и способность человека познавать их.

Развивающая функция задачи проявляется в том, что, решая задачу, ученик включает все мыслительные процессы: внимание, восприятие, память, воображение, мышление. При решении задач развивается логическое и творческое мышление. Однако необходимо помнить, что, если при изучении новой темы:

- учащиеся предлагают задачи только одного типа;
- решение каждой из них сводится к одной и той же операции (операциям);
- эту операцию учащемуся не приходится выбирать среди других, которые возможны в сходных ситуациях;
- данные задачи не являются для учащегося непривычными;
- учащийся уверен в безошибочности своих действий, то он при решении второй или третьей задачи перестаёт обосновывать решение задачи, начинает решать задачи механически, только по аналогии с предшествующими задачами, стремится обойтись без рассуждений [5].

Это приводит к ослаблению развивающей стороны решения задач. Поэтому необходимо учить школьников решению задач разными методами, как стандартными, так и не часто используемыми в школьной практике. Полезно одну и ту же задачу решать разными способами, это приучает школьников видеть в любом физическом явлении разные его стороны, развивает творческое мышление.

Физические задачи играют также большую роль в реализации принципа политехнизма в процессе обучения. Многие из них показывают связь физики с жизнью, техникой, производством.

Решение задач воспитывает и общечеловеческие качества. Пойа Д. пишет: «Обучение искусству решать задачи есть воспитание воли.

Решая не слишком лёгкую для себя задачу, ученик учится быть настойчивым, когда нет успеха, учится ценить скромные достижения, терпеливо искать идею решения и сосредоточиваться на ней всем своим «я», когда эта идея возникает. Если учащемуся не представилось возможности ещё на школьной скамье испытать перемежающиеся эмоции, возникающие в борьбе за решение, в его математическом образовании оказывается роковой пробел» [6]. Эти слова в полной мере можно отнести и к физическим задачам. При решении задач у школьников воспитывается трудолюбие, пытливость ума, смекалка, самостоятельность в суждениях, интерес к учению, воля и характер, упорство в достижении поставленной цели.

Известные отечественные психологи Зинченко П.И. и Смирнов А.А. установили следующую закономерность (закономерность Смирнова-Зинченко): «Учащийся может запомнить материал произвольно, если выполняет над ним активную мыслительную деятельность, и она направлена на понимание этого материала» [7].

Согласно одной из аксиом методики, знания считаются усвоенными только тогда, когда ученик может применить их на практике [8]. Так как решение задач является практической деятельностью, задача играет и роль критерия усвоения знаний. По умению решить задачу мы можем судить: понимает ли ученик данный закон, умеет ли он увидеть в рассматриваемом явлении проявление какого-либо физического закона. А научить этому можно – опять же – через решение задач. Практика показывает, что физический смысл различных определений, правил, законов становится действительно понятным учащимся лишь после неоднократного применения их к конкретным частным примерам – задачам.

*Ответьте на вопросы:*

1. Дайте определение понятия «задача по физике».
2. В чем заключаются развивающие функции задач?
3. Дидактическое значение физических задач как средства обучения.

*Задание*

Сравните понятие «физическая задача», используемое в методической литературе различными авторами. Сформулируйте своё определение.

## **1.2 Классификация физических задач**

К настоящему времени накоплено огромное количество задач по физике. Все они различны по сложности, содержанию, способам решения. Возникает проблема их классификации. Такая классификация

важна для учителя, т. к. она позволила бы ему избежать односторонности в выборе задач и осуществлять этот выбор на основе дидактических целей, которые необходимо достичь в соответствии с определённой учебной ситуацией.

Единой классификации физических задач не существует. Задачи классифицируются:

- по содержанию;
- по разделам;
- по основному методу решения;
- по степени сложности;
- по способу выражения условия [9].

Одна и та же задача попадает, таким образом, в несколько различных классов.

По содержанию задачи следует разделить, прежде всего, в зависимости от их физического материала. К примеру, задачи по механике, молекулярной физике, оптике и т.д. В большинстве случаев задача не ограничивается знаниями конкретного раздела физики, а содержит в себе сведения из нескольких разделов физики. Поэтому такое деление является условным.

Различают задачи с абстрактным и конкретным содержанием. Абстрактные – это те задачи, в которых нет конкретных числовых значений, и которые решаются в общем виде. Абстрактная задача выявляет более глубоко физическую сущность явлений, не отвлекая учащихся на конкретные несущественные детали.

Конкретные задачи легче для учащихся, потому что конкретные числа приближают задачу к уровню развития ребёнка, который не научился ещё абстрагировать.

Примером задачи с абстрактным содержанием может быть следующая:

*Задача 1.* Какую силу нужно приложить, чтобы поднять по наклонной плоскости тело масса  $m$ , если длина плоскости  $l$ , а высота  $h$ ? Трением пренебречь. Какова сила давления на плоскость?

Если же в задаче будет указано, какая именно используется наклонная плоскость, что за тело и как оно поднимается по ней, то это будет уже физическая задача с конкретным содержанием.

Достоинством абстрактных задач является то, что в них выделяется и подчеркивается физическая сущность, выяснению которой не мешают несущественные детали. Главное достоинство конкретных задач – большая наглядность и связь с жизнью.

В воспитательных целях целесообразно применять задачи с историческим содержанием. Условия таких задач отражают факты исторического характера о физических опытах, открытиях, изобретениях, методах определения физических величин и т.д. Это позволяет ввести элементы истории физики и техники в курс физики [9].



Пример задачи с историческим содержанием:

**Задача 2.** После взрыва атомной бомбы в Хиросиме и Нагасаки было замечено, что люди, одетые в белую (и других светлых тонов) одежду, получили менее сильные ожоги, чем одетые в темное. Чем это объясняется? (Белая одежда лучше отражает лучи, чем темная, поэтому нагревается меньше).

Широкое распространение получили также занимательные задачи. Отличительная черта их содержания – использование необычных парадоксальных или любопытных фактов и явлений, кажущихся противоречий. Их решение оживляет уроки, повышает интерес учащихся к физике.

**Задача 3.** Почему птицы безнаказанно садятся на провода высоковольтной линии электропередачи? (Тело сидящей на проводе птицы представляет собою ответвление цепи, включенное параллельно участку проводника между ногами птицы).

При параллельном соединении двух участков цепи величина тока в них обратно пропорциональна сопротивлению. Сопротивление тела птицы огромно по сравнению с сопротивлением небольшой длины проводника, поэтому величина тока в теле птицы ничтожна и безвредна. Нужно добавить еще, что разность потенциалов на участке между ногами птицы мала.

Задачи с политехническим содержанием включают сведения из техники, транспорта, связи, промышленного и сельскохозяйственного производства, бытовой техники. Они должны составлять значительную часть задач, решаемых в классе и дома, так как способствуют поддержанию у учащихся интереса к изучению физики и техники, техническому творчеству.

Пример задачи с политехническим содержанием:

**Задача 4.** Во время пахоты на влажной почве колесный трактор забуксовал. Выполняется ли в этом случае трактором работа? Какая экологически нежелательная проблема возникает при этом? (Нет, так как нет перемещения. При буксовке нарушается почвенный покров, что приводит к усилению эрозионных процессов и уровня загрязнения почвы, а это оказывает влияние на растительность, поверхностные и грунтовые воды).

По степени трудности физические задачи разделяют на простые, сложные и творческие.

Простыми можно считать задачи, требующие несложного анализа и простых вычислений, обычно в одно, два действия, выполнения несложного эксперимента. Эти задачи называют тренировочными, с них начинают закрепление нового материала.

**Задача 5.** Прицепной канавокопатель, предназначенный для нарезки каналов постоянной оросительной системы, имеет тяговое сопротивление (равное тяговому усилию трактора) 180 000 Н и движется с рабочей скоростью 4 км/ч. Определите мощность на крюке трактора,

работающего с канавокопателем. Какой принцип используется в строительстве оросительных и осушительных систем? Какие экологические проблемы возникают при работе этих объектов? Каковы возможные последствия вмешательства человека в естественное состояние природы?

*Ответ:*  $N = Fv = 200$  кВт. Принцип сообщающихся сосудов. Возникает проблема перераспределения воды в больших количествах, изменяется микроклимат данной местности, история влияния человека на природные условия всей планеты показывает, что технический прогресс постоянно увеличивает возможности воздействия на окружающую среду, создает предпосылки для возникновения экологического кризиса.

Задачи, решение которых требует применения многих физических закономерностей из разных разделов физики, называют сложными (иногда их называют комбинированными). Как правило, сложные задачи должны содержать проблемную ситуацию и элемент новизны.

*Задача 6.* Определите мощность ветродвигателя при скорости ветра 9 м/с, если диаметр поверхности, ометаемой колесом ветродвигателя 8 м, а КПД равен 0,3. Раскройте экологические преимущества ветроиспользования.

Задача решается так: масса воздуха, проходящего за 1 с через ометаемую колесом поверхность,

$$m = \rho V = \rho S v,$$

где  $V$  – объем воздуха,  $v$  – его скорость.

Энергия, которой обладает эта масса воздуха,

$$E = \frac{mv^2}{2},$$

а мощность, развиваемая ветродвигателем,

$$N = \frac{E}{t}.$$

*Ответ:* 4,7 кВт. Получение электроэнергии на ветровых станциях наиболее дешево и не сопровождается вредным воздействием на природу.

Творческие задачи – задачи, алгоритм решения которых ученику не известен. Это могут быть задачи, по классификации Разумовского, исследовательские или конструкторские. Исследовательская задача отвечает на вопрос «почему?», а конструкторская – на вопрос «как сделать?» [10].

Примеры таких задач:

**Задача 7.** Исследуйте, зависит ли скорость диффузии от рода соприкасающихся жидкостей. Приведите примеры проявления диффузии с экологической точки зрения. (Разного рода загрязнители проникают в те вещества, которые обеспечивают жизнедеятельность растений, животных, человека).

**Задача 8.** Разработайте способ определения влажности земли физическими методами.

(Можно предложить методы: а) определение массы воды выпариванием; б) определение влажности земли по ее плотности; в) определение влажности по значению электрического сопротивления, методом амперметра и вольтметра по формуле  $R = \frac{U}{I}$  или используя омметр).

**Задача 9.** Исследуйте позитивность влияния магнитного поля на всхожесть семян и урожайность растений.

(Для обработки семенного материала в магнитном поле необходимо поместить в бумажный мешочек примерно одинаковые по форме и массе семена (пшеница, кукуруза, фасоль, горох и др.) Установку для обработки семян, в соответствии с рисунком 1, собирают из деталей универсального трансформатора и дроссельной катушки. На сердечник трансформатора надевают катушку большой индуктивности и винтами укрепляют конические наконечники заостренными концами друг к другу. Мешочек с семенами подвешивают так, чтобы он находился между наконечниками. Через катушку пропускают электрический ток. (Обработанные магнитным полем семена сеют в почву, а рядом семена того же растения, но не подвергшиеся обработке. Анализируют и обобщают результаты).

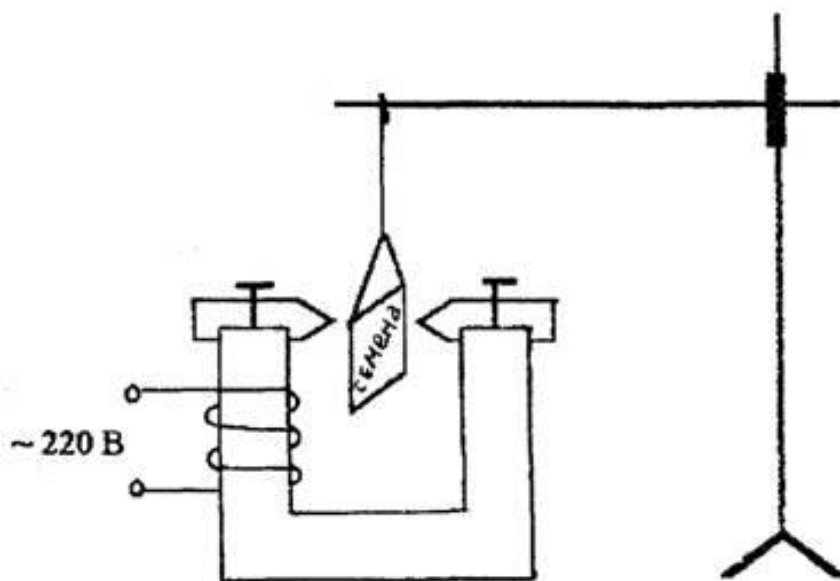


Рисунок 1

По основному способу решения задачи классифицируют на качественные, вычислительные, графические, экспериментальные. Такая классификация важна, так как позволяет учителю подбирать задачи в соответствии с математической подготовкой школьников, уровнем их знаний и с учетом других факторов.

Качественными называют задачи, решение которых устанавливает только качественную зависимость между физическими величинами. Решают их устно, путем логических умозаключений, базирующихся на законах физики. Умелое применение учителем качественных задач развивает логическое мышление, смекалку, творческую фантазию учащихся.

Пример такой задачи:

*Задача 10.* Почему на нефтебазах не наливают нефтепродукты в цистерны до самого края?

*Ответ:* При нагревании бензин, лигроин и т.п. сильно расширяются. Заполнение цистерн до краев привело бы к потерям горючего и загрязнению окружающей среды.

Вычислительными называют задачи, решение которых устанавливает количественную зависимость между искомыми величинами, и ответ получают в виде формулы или определенного числа.

Для вычислительных задач (иногда их называют количественными, расчетными или числовыми) характерно то, что ответы на поставленные в них вопросы не могут быть получены без математических операций. Задачи этого вида наиболее полно представлены во всех задачниках, которыми пользуются учителя, их много решают на уроках физики и задают учащимся на дом.

Графическими называют задачи, в которых объектом исследования и анализа функциональной зависимости между различными физическими величинами является график (сюда же относят упражнения на чтение и построение графиков).

Примеры таких задач:

*Задача 11.* Пользуясь графиком движения туриста, в соответствии с рисунком 2, ответьте на следующие вопросы:

1. О чем говорит участок II?
2. На каких участках какими видами транспорта пользовался турист?
3. Когда и сколько он отдыхал?
4. Когда вернулся домой?

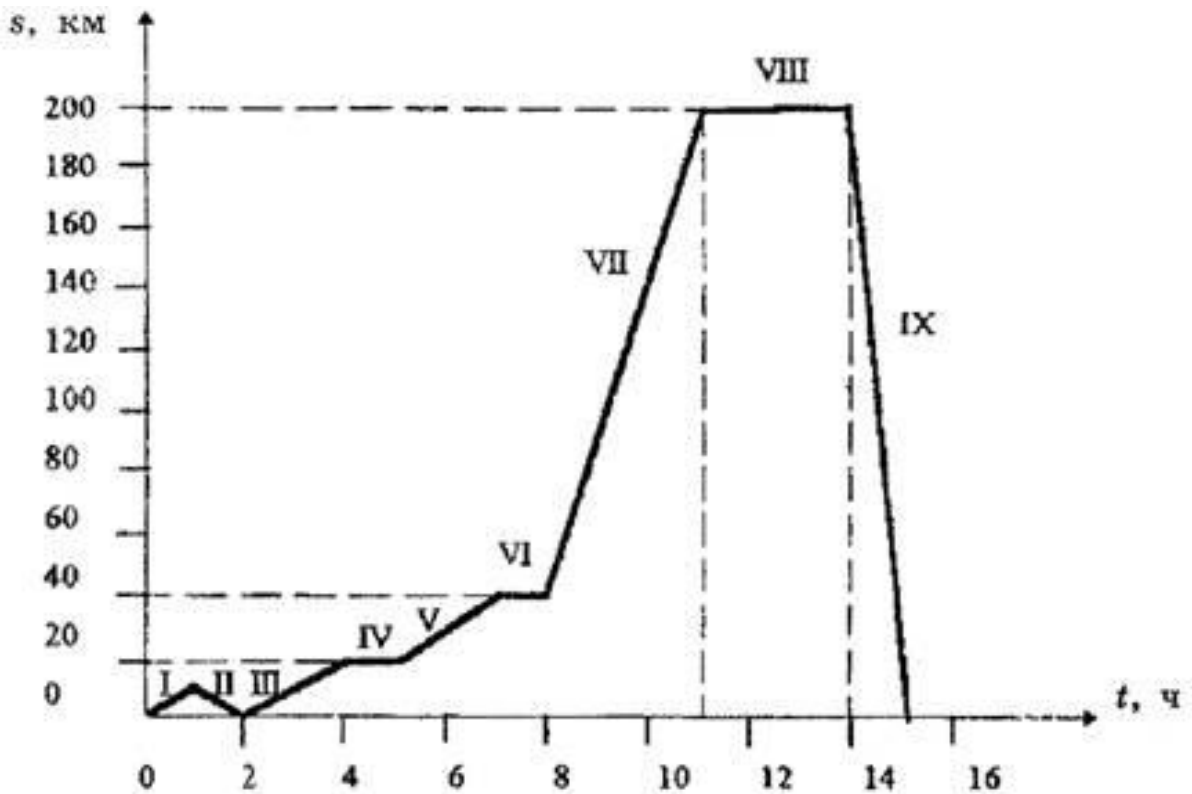


Рисунок 2

*Ответ:*

1. Участок II графика показывает, что через 2 часа после отправления в путь турист вынужден был вернуться домой;
2. Если судить по скорости его движения, то на участках I, II он двигался пешком, на участках III-V – на велосипеде или лошади, на участке VII – на поезде, автомобиле или мотоцикле, вернулся домой (участок IX) – на самолете;
3. Турист отдыхал по часу на участках IV, VI и 3 часа – на участке VIII;
4. Турист вернулся обратно через 15 часов после первого отъезда из дома.

Экспериментальными называют задачи, постановка, и решение которых органически связаны с экспериментом: с различными измерениями, воспроизведением физических явлений, наблюдениями за физическими процессами, сборкой электрических цепей и т.д. Эксперимент является средством проверки сделанных согласно условию расчетов, дает ответ на поставленный в задаче вопрос, служит средством определения величин, необходимых для решений [11].

Примерами экспериментальных задач могут быть следующие:

**Задача 12.** Будет ли обычный компас работать в автомобиле? Проверьте на опыте.

**Задача 13.** Рассчитайте и сверьте по счетчику количество электроэнергии, которое потребляет ваша стиральная машина за 3 часа работы.

Существует классификация физических задач, основанная на процессе решения проблемы, а именно, тех средств, которые необходимы и достаточны для решения физической задачи. В соответствии с этим сформулированные проблемы могут быть классифицированы как элементарные, стандартные и нестандартные.

Элементарная задача – это проблема, для решения которой необходимо и достаточно вспомнить и использовать только один физический закон.

Стандартная задача – это сформулированная проблема, для решения которой необходимо и достаточно использовать только систему «общих» знаний и «стандартных» методов. Большое количество физических задач содержат стандартные проблемы.

Нестандартная задача также является сформулированной проблемой, но применения только «общих» законов и методов в процессе ее решения не приводят к цели, потому что система уравнений остаётся незамкнутой, что-то остаётся неучтённым, что делает проблему нестандартной [12].

Примером такой нестандартной задачи может быть следующая:

**Задача 14.** Великие озера Северной Америки – Верхнее, Мичиган, Гурон, Эри и Онтарио – самое большое озерное «созвездие» нашей планеты. Мощная и быстрая река Ниагара уносит воды первых четырех в пятое – Онтарио.

Между озерами Эри и Онтарио река спускается почти на 100 метров. Причем половину этой высоты она теряет одним буйным прыжком, который и зовется водопадом Ниагара. Могучий многоводный поток шириной в тысячу двести метров разрезан у водопада Козьим островам на две части. Воды огромной реки плавно катятся к скальному уступу и с величавым спокойствием падают в бездну с высоты в пятьдесят метров. Какие виды движения описываются выше?

**Ответ:** Движение реки можно отнести к равномерному движению (воды плавно катятся), движение воды в водопаде неравномерное.

Так же, физические задачи можно разделить на хорошо структурированные и плохо структурированные [13]. Хорошо структурированные задачи имеют известное решение и предоставляют всю информацию, необходимую для решения. Они требуют использования ограниченного числа действий и организованы предсказуемым образом. У них часто есть предпочтительный метод решения. Однако при правильном использовании нескольких методов, решения будут давать одинаковый правильный результат. Все решения хорошо структурированной задачи могут считаться «правильными» или «неправильными».

Плохо структурированные задачи могут иметь несколько решений или, в некоторых случаях, никакого решения вообще. Плохо структурированные задачи могут не предоставлять всю информацию, необходимую для решения. Плохо структурированные задачи имеют несколько путей решения. Неструктурированные задачи требуют от учащегося принятия нескольких решений или суждений о проблеме: какова цель? Какие методы используются для решения задачи? Как я могу получить решение? Соответствует ли это решение цели задачи?

*Ответьте на вопросы:*

1. Перечислите критерии, по которым классифицируются физические задачи.
2. Какие физические задачи считаются хорошо структурированными?
3. Какие физические задачи считаются плохо структурированными?
4. По каким признакам В.Г. Разумовский различает исследовательские и творческие задачи?

*Задание*

В сборнике задач по физике П.Н.Капицы найдите пять задач, которые относились бы к плохо структурированным, и обоснуйте почему.

### **1.3 Методика решения физических задач**

Решение задачи – это процесс достижения решения, которого изначально не знают.

Для решения задачи требуется принятие решений. Принятие решений связано с подключением и применением различных типов знаний. Поскольку решение задач использует инструменты общего назначения, такие как фундаментальные законы физики, это должно быть хорошим средством для содействия в изучении этих явлений. Решение задач часто бывает трудоёмким и удручающим процессом, которых оказывается не всегда посильным всем ученикам.

Для того, чтобы научить учеников решать задачи, необходимо представлять себе, какова структура мыслительной деятельности ученика по решению задачи.

Общая структура деятельности по решению задачи состоит из анализа условия, поиска решения, решение, проверка результата, исследование решения.

Самый важный – первый момент – анализ условия. Ученик должен не только запомнить условие, но и осознать его. Проверить понимание задачи учитель может, попросив ученика повторить формулировку задачи, выделить главные элементы задачи: неизвестные и данные. При решении задачи учеником у доски должно стать правилом

самостоятельное произнесение учеником формулировки задачи без использования учебника или подсказок.

На этапе поиска решения ученик вспоминает физические законы, определения, описывающие ту область явлений, о которой говорится в задаче и составляет план решения. Этот этап самый сложный, на него приходится большая доля мысленных усилий.

Существуют различные методы поиска решения задачи. Учащихся желательно ознакомить с ними, показывая, в каких случаях удобнее использовать тот или иной из них.

По характеру логических операций различают аналитический и синтетический способы рассуждения при решении задач. При аналитическом способе рассуждения начинают с определения искомой величины, выясняют, как связана эта величина с другими величинами и, последовательно применяя физические формулы, приходят кратчайшим путем к искомой величине.

При синтетическом способе рассуждения сначала устанавливают промежуточные зависимости между данными физическими величинами, стараясь подготовить почву для определения искомой величины. В итоге всех операций, часть из которых может оказаться лишней, получают выражение, из которого и находят искомую величину.

Учащиеся чаще всего становятся на путь синтетического решения: они пробуют различные зависимости между величинами, пока не установят такую, которая дает возможность найти искомую величину. При этом, естественно, вначале возможны пути, не приводящие к желаемому результату. Синтетический способ решения наиболее простой, но не всегда короткий.

Аналитический способ труден, так как требует строгой логической последовательности в действиях, но он быстрее приводит к конечной цели.

Найденное известное решение задачи обычно излагают синтетическим методом, а чтобы найти способ решения, обычно пользуются анализом. Синтез позволяет изложить известное решение задачи быстро и четко. Однако ученику при этом трудно понять, как было найдено решение, как бы он сам мог догадаться решить задачу. Анализ требует большей, чем синтез, затраты учебного времени, но зато позволяет показать ученику, как найти решение, как можно самому догадаться её решить. Если анализ используется систематически, то у учащихся формируются навыки поиска решения задач.

Но обычно в чистом виде аналитический и синтетический метод не используются, и самым распространённым является аналитико-синтетический способ.

Если ученик пользуется аналитическим методом при поиске решения задачи, то только до тех пор, пока в его сознании не возникнет идея решения. При решении задачи синтезом в сознании человека



проводится и анализ, но часто настолько быстро, подсознательно, что ему кажется, будто он сразу увидел решение, не прибегая к анализу.

При решении задач, особенно в старших классах, предпочтение нужно отдать аналитическому способу, так как этот способ имеет большое значение для развития логического мышления.

На этапе решения идут преобразования записанных формул, осуществляется намеченный план решения.

Проверка результата – проверка, прикидка достоверности, полученного результата.

Основные средства учителя, позволяющие научить решать задачи:

- образец решения задачи. Такой образец полезен на первом этапе, но его дидактическая ценность невелика.

- алгоритмическое предписание. По такому предписанию легко решаются задачи, например, в кинематике.

Качественные задачи обычно используют раньше других как средство закрепления изученного материала. Есть разделы курса физики, где качественные задачи являются основными, так как количественные задачи там почти не решают. К таким, например, относится раздел по гидродинамике. Чрезвычайно полезно решение качественных задач и при опросе для выяснения глубины усвоения материала. Качественные задачи дают возможность за короткое время выяснить физическую сущность рассматриваемого вопроса, для чего иногда другие типы задач менее эффективны. Поэтому успешное решение учащимися качественных задач показывает осознанность их знаний, отсутствие формализма в усвоении материала. Качественные задачи весьма разнообразны по тематике, содержанию и сложности.

Решение качественной задачи обычно состоит в построении с помощью индукции и дедукции логических умозаключений, основанных на физических законах. При этом анализ и синтез так тесно связаны между собой, что можно говорить только об аналитико-синтетическом методе решения качественных задач.

Схема решения качественных задач примерно следующая:

- чтение условия задачи, выяснение всех терминов в условии задачи;

- анализ условия задачи, выяснение физических явлений, построение, если это требуется, схемы или чертежа;

- построение аналитической и синтетической цепей рассуждений (этот момент особенно характерен и важен для решения качественных задач);

- анализ полученного ответа с точки зрения его физического смысла, соответствия условию и реальности.

Характерной чертой экспериментальных задач является использование при решении эксперимента.

Постановка опытов при решении демонстрационных экспериментальных задач должна удовлетворять всем условиям школьного демонстрационного эксперимента. При этом особое внимание нужно обращать на обеспечение хорошей видимости приборов и явлений. Это тем более необходимо, что к работе с приборами часто привлекаются вызванные к демонстрационному столу учащиеся, которые мало заботятся об этой чисто профессиональной стороне дела.

Методы решения вычислительных задач зависят от многих причин: их сложности, математической подготовки учащихся, поставленных учителем целей и т.д.

В зависимости от применяемого математического аппарата различают следующие методы или способы решения вычислительных задач: арифметический, алгебраический, геометрический и графический. По характеру логических операций, используемых в процессе решения, различают аналитический, синтетический и аналитико-синтетический методы.

При арифметическом методе над физическими величинами производят только арифметические действия. Физические задачи решают примерно так же, как задачи на уроках арифметики: по вопросам, без применения формул. Арифметический способ применяют в основном на первой ступени обучения физике, когда учащиеся еще не имеют достаточных знаний по алгебре или еще не уяснили достаточно глубоко зависимость между величинами, входящими в физические формулы.

При алгебраическом методе применяют имеющиеся у учащихся знания по алгебре, используют формулы, составляют и решают уравнения. Наиболее простой случай применения алгебраического метода состоит в решении задач по готовой формуле.

При решении задач геометрическим методом искомую величину находят на основании известных учащимся геометрических соотношений. Геометрический метод широко применяют в статике, геометрической оптике, электростатике и других разделах курса физики средней школы.

С геометрическим методом решения задач тесно связан метод графический, при котором для определения искомых величин используют графики.

*Ответьте на вопросы:*

1. Какие существуют способы решения физических задач?
2. Какие существуют методы решения задач?
3. При решении какого вида задач предпочтительнее аналитический метод?
4. При решении какого вида задач предпочтительнее синтетический метод?

5. Какие этапы решения физических задач методически наиболее целесообразны?

*Задание*

Подберите по одной задаче, решение которой осуществляется аналитическим и синтетическим методами, обоснуйте целесообразность каждого метода.

## 2 УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ

### 2.1 Понятие «исследовательская задача»

Особенностью учебно-исследовательской деятельности, по мнению Таранова М.В. в процессе обучения являются:

- направленность на овладение знаниями и умениями в процессе исследования;

- направленность на усвоение приемов и способов научных методов познания (аналогия, индукция, дедукция и прочие);

- влияние на изменение личности самого ученика, его развитие (целеустремленность, любознательность, развитие творческих потенциалов) [14].

Стоит отметить, что в научной литературе по методике преподавания физики проблема приобщения учащегося к учебно-исследовательской деятельности реализуется через решение специальных исследовательских задач или через дополнительную работу над задачей.

Очевидно, что учебно-исследовательская деятельность присутствует во всех школьных предметах, однако при обучении физики она имеет особо важное значение.

Особенностями учебно-исследовательской деятельности учащихся в процессе обучения являются следующие:

- направленность на овладение знаниями и умениями в процессе исследования;

- направленность на усвоение приемов и способов научных методов познания (аналогия, индукция, дедукция и др.);

- влияние на изменение личности самого ученика, его развитие (целеустремленность, любознательность, развитие творческого потенциала)

Согласно Леонтьеву А.Н., задача есть цель, данная в определенных условиях [15].

Сериков В.В. связывает задачу с преобразованием субъекта учебной деятельности, с усвоением им определенных элементов содержания образования – понятий, способов действий, творческого или эмоционально-ценностного опыта [16].

В научной литературе нет единой точки зрения на определение сущности исследовательской задачи. Лернер И.Я. под исследовательской задачей понимает задачу, в основе которой лежит противоречие между известным и искомым, находимым при помощи системы действий умственного или практического характера, смысл которых в обнаружении незаданных в условии задачи связей, а в построении неизвестных субъекту преобразований [17].

Бухвалов В.А. под исследовательскими задачами понимает творческие задачи, при выполнении которых проводятся теоретические и экспериментальные исследования проблемы [18].

Ларькина Е.В. под исследовательской задачей понимает задачу, имеющую нестандартную формулировку проблемы [19].

Таким образом, к исследовательской задаче может быть отнесена такая задача, которая содержит познавательное противоречие, заключающееся в том, что содержание учебного материала или методы, необходимые для решения поставленной задачи, учащемуся неизвестны.

Содержание учебного материала или методы, должны быть известны учащемуся, трудность решения заключается в том, что ученику необходимо самостоятельно выбрать метод решения, которые привели бы его к правильному результату.

Следует учитывать изменения роли учителя и ученика, в результате смены традиционного подхода в обучении на исследовательский. При традиционном подходе задача учителя показать образец решения, провести тренировочные задания, осуществить контроль и оценку деятельности учащихся. При исследовательском методе обучения учитель выступает в роли консультанта, помогает реализовать план работы, сформулировать выводы. Такое изменение подхода оказывает благоприятное влияние и на учителя, и на ученика.

Проблемой исследования, или вопросом, который можно назвать во многих формах качественного исследования, является тема, которую вы хотели бы рассмотреть, исследовать или изучить, будь то описательно или экспериментально. Хорошо подобранная тема является основной причиной для участия в исследовательской деятельности учеников. Это, как правило, тема, явление или вопрос, который может заинтересовать, и с которым ученики хотя бы немного знакомы.

Для начинающих исследователей, исследовательская проблема – это, как правило, то, о чём вы знаете, этот личный опыт, который часто является хорошей отправной точкой.

Поэтому хорошая задача для начинающих – это та задача, в которой есть естественный параметр, по которому можно двигаться в исследовании, т.е. легко выделяемая последовательность частных случаев. Таким образом, в каждый момент времени ученик самостоятельно может понять, что ему необходимо делать дальше. К идее доказательства можно прийти, последовательно двигаясь по этому параметру.

Для опытных исследователей происходит усложнение задачи, появляется большой простор для продвижения, пояснений, вспомогательных задач, обобщений, а при доказательстве используются разнообразные методы. Зачастую сложная задача состоит из простых задач, и постепенное решение всех «подзадач», приводит к общему решению.

Исследовательская задача должна развивать мышление, творчество ученика, поэтому никакой объективной новизны от работы школьника не требуется. Результат должен быть субъективно новым – школьник открывает то, чего не знал. Конечно, сильный школьник при хорошем руководителе и удачно поставленной задаче иногда может получить объективно новый результат, и это здорово. Но это нисколько не умаляет работу тех, кто не достиг таких успехов.

Исследовательские задачи направлены на:

- выявление существенных свойств понятий и отношений между ними;
- установление связи данного понятия с другими;
- решение задач различными способами;
- составление новых задач.

Основными требованиями, положенными в основу разработки исследовательских задач, являются:

- постановка вопроса в задаче должна быть такой, чтобы ответ на него предполагал проведение исследования;
- условие задачи должно предполагать рассмотрение различных свойств, явлений, использование различных методов и способов решения;
- в условии задачи должны отсутствовать прямые указания на использование известных теорем и формул;
- задачи должны обеспечивать формирование мотивационных, когнитивных, деятельностных и личностных исследовательских компетенций учащихся;
- задачи должны обеспечивать организацию полноценной учебно-исследовательской деятельности учащихся по физике с учетом их типа восприятия учебной информации.

*Ответьте на вопросы:*

1. Какие задачи по физике называются исследовательскими?
2. Назовите отличительный признак исследовательских задач.
3. Назовите основные требования к содержанию исследовательских задач.

*Задание*

Из сборника задач по физике П.Н.Капицы подберите пять исследовательских задач и приведите их решение.

## **2.2 Классификация исследовательских задач**

В настоящее время существует несколько классификаций исследовательских задач, используемых в различных областях научных

знаний. К примеру, Бухвалов В.А. выделяет следующие группы исследовательских задач:

- задачи на комбинирование информации (выделение главного в тексте; сравнение систематизация информации; изменение информации; дополнение информации; исправление ошибок)

- задачи на определение причинно-следственных связей (определение причин; определение следствий; доказательство; опровержение; определение закономерности)

- задачи на планирование и выполнение практических действий (составление плана выполнения задания; планирование и проведение наблюдений, измерение и экспериментов; прогнозирование развития системы; анализ плана выполнения деятельности) [20].

Лоповок Л.М. к исследовательским задачам относит:

- задачи на моделирование;

- задачи с неполными данными условия;

- задачи на исследование;

- задачи, решение которых начинается исследованием [21].

Митенева С.Ф. в своем исследовании выделяет так называемые творческие задачи:

- задачи на выявление и формулировку определенной закономерностей;

- задачи на исследование объекта с целью установления его характерных признаков;

- задачи на проведение лабораторных работ по изготовлению наглядных пособий с целью выявления свойств объектов;

- задачи, предполагающие различные способы решения;

- задачи, предполагающие самостоятельную формулировку вопроса по данному условию;

- задачи по изготовлению собственной модели какого-либо объекта [22].

Ярков В.Г. предлагает следующую типологию задач, являющихся, по его мнению, исследовательскими:

- задачи на существование физических объектов;

- задачи на сравнение физических понятий, на установление взаимосвязей между физическими понятиями;

- задачи на доказательство;

- задачи на традиционное исследование физических объектов;

- задачи на обобщение и выделение частных случаев [23].

Проведя анализ различных подходов к типологии исследовательских и творческих задач, а так же применив к решению исследовательских задач метод графов, мы пришли к следующей классификации исследовательских задач по степени сложности:

- качественная исследовательская задача;

- задача-оценка;

- задача-рисунок;
- экспериментальная исследовательская задача;
- задача с техническим содержанием;
- графическая задача.

Решая исследовательские задачи методом графов, мы опирались на ряд вопросов:

- о каком процессе идет речь?
- какие величины характеризуют данный процесс?
- каким соотношением связаны данные величины?
- сколько процессов описывается в задаче?
- есть ли связь между элементами?

Степень сложности задачи установлена путем сравнения графов, полученных в ходе решения задач.

Графы – это замечательные математические объекты, с помощью которых можно решать математические, экономические и логические задачи. Также можно решать различные головоломки и упрощать условия задач по физике, химии, электронике, автоматике. Графы используют при составлении карт и генеалогических древ. [24]

Пример решения задачи методом графов приведен ниже.

*Задача 1.* Между девятью планетами солнечной системы установлено космическое сообщение. Рейсовые ракеты летают по следующим маршрутам: Земля – Меркурий; Плутон – Венера; Земля – Плутон; Плутон – Меркурий; Меркурий – Венера; Уран – Нептун; Нептун – Сатурн; Сатурн – Юпитер; Юпитер – Марс и Марс – Уран. Можно ли долететь на рейсовых ракетах с Земли до Марса?

*Решение:* Нарисуем схему условия, в соответствии с рисунком 3, планеты изобразим точками, а маршруты ракет линиями.

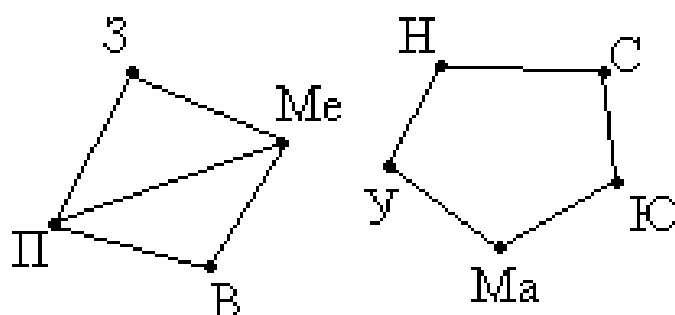


Рисунок 3

Теперь сразу видно, что долететь с Земли до Марса нельзя.

*Задача 2.* Струя воды сечением  $S = 6 \text{ см}^2$  ударяется о стенку под углом  $\alpha = 60^\circ$  к нормали и упруго отскакивает от нее без потери



скорости. Найти силу  $F$ , действующую на стенку, если известно, что скорость течения воды в струе  $v = 12 \frac{M}{c}$ .

*Решение:* Изменение импульса струи равно импульсу силы, действующей на нее со стороны стенки:

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p},$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Построим граф, в соответствии с рисунком 4.

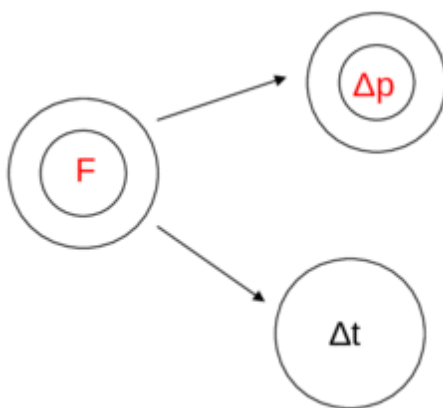


Рисунок 4

Изменение импульса при упругом отражении струи равно удвоенной проекции импульса на ось  $OX$ , в соответствии с рисунком 5:

$$\Delta p = 2 \cdot m \cdot v \cdot \cos \alpha$$

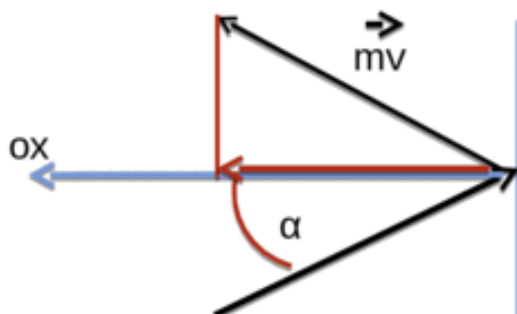


Рисунок 5

Построим граф, в соответствии с рисунком 6.

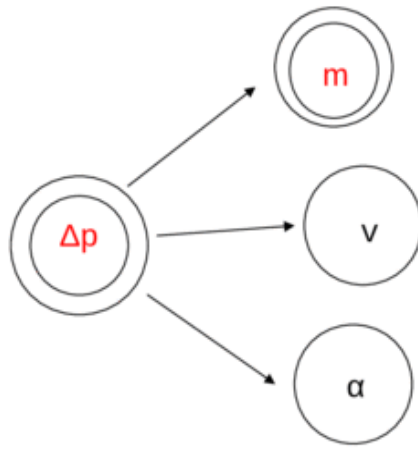


Рисунок 6

Масса воды, ударяющаяся в стенку – объем воды умноженный на плотность:

$$m = v \cdot \Delta t \cdot S \cdot \rho$$

Построим граф, в соответствии с рисунком 7.

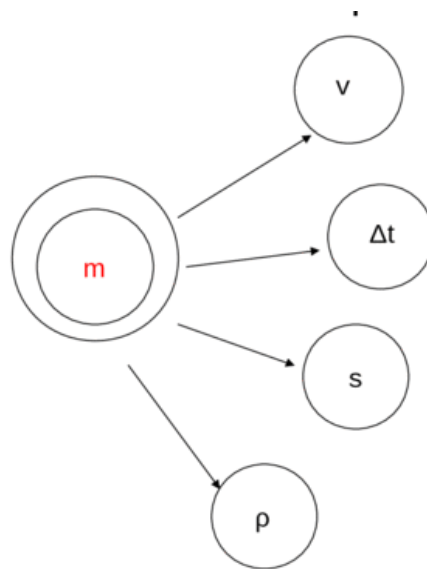


Рисунок 7

Итог работы выглядит, в соответствии с рисунком 8:

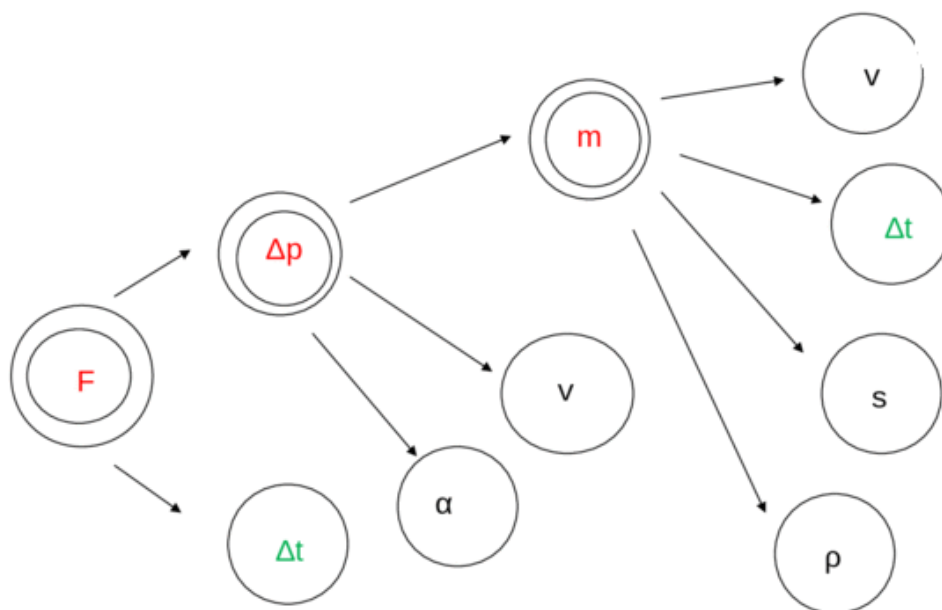


Рисунок 8

*Ответьте на вопросы:*

1. Какие задачи по физике можно отнести к задачам на планирование действия?
2. Какие задачи относятся к исследовательским по Митеневу С.Ф.?
3. Дайте определение графа.

**Задание**

Подберите задачу по динамике для 9-го класса и решите её методом графов.

## 3 МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

### 3.1 Методические особенности решения исследовательских задач

Для того чтобы ученики успешно осуществляли исследовательскую деятельность, следует выработать у учащихся определенные навыки работы, которые помогут им в решении исследовательских задач, и что, не мало важно, пробудить интерес к исследовательской деятельности.

Существует некий план, которого учитель должен придерживаться, для того чтобы научить учащихся правильному решению исследовательских задач.

Получив исследовательскую задачу, ученик знакомится с ней, читает её, и осмысляет. На этом этапе ученик должен научиться ставить перед собой цель.

После того, как цель была выдвинута, составляется план исследований. Здесь ученик расписывает пошагово, что он собирается делать.

Дальнейшее действие это поиск путей решения, подборка необходимых приборов, если они являются нужными в данной задаче, а также материалы.

Если для решения исследовательской задачи необходимо провести эксперимент, собирается необходимая установка, и проводится непосредственно исследование, данные, необходимые в ходе эксперимента, фиксируются.

В конце работы формулируются выводы.

Задача учителя научить учащихся: ставить цель, составлять план исследований, выявить раздел физики, относящейся к решению данной задачи, подбирать необходимые приборы и материалы, собирать необходимые установки, проводить исследования и формулировать выводы.

Так же, для успешного решения исследовательских задач необходимо ознакомить учащихся с методами научных исследований по физике, его можно представить в виде последовательных этапов исследовательской деятельности: теоретическое предвидение – разработка рабочей гипотезы – наблюдения – эксперимент – анализ экспериментальных фактов и выводы из них – проверка выводов на практике.

Жексенбаева У.Б. выделяет следующий ряд этапов исследовательской деятельности:

- актуализация проблемы, а именно выявление проблемы и обозначение направления будущего исследования;

- определение темы исследования. На данном этапе необходимо строго обозначить границы исследования, определить, на что

необходимо обратить внимание в задаче, выделить главное и второстепенное;

- выдвижение гипотезы, или гипотез, в том числе могут быть высказаны и предположения являющиеся нереальными, и даже провокационными;

- выявление и систематизация подходов к решению (выбор методов исследования);

- определение последовательности проведения исследования;

- сбор и обработка информации;

- анализ и обобщение полученных материалов;

- подготовка отчета (дать определение основным понятиям, подготовить сообщение по результатам исследования);

- доклад (защита результатов) [25].

Таким образом, на первом этапе исследования, учителю необходимо выбрать тему исследования. Тема отражает основные, характерные черты проблемы.

Темы исследования могут быть различными. У.Б.Жексенбаева выделяет три основных группы тем:

- фантастические – темы, ориентированные на разработку объектов, явлений, которые могут не существовать в реальной жизни.

- эмпирические – темы, тесно связанные с практикой и предполагающие проведение собственных наблюдений и экспериментов;

- теоретические – темы, ориентированные на работу по изучению и обобщению фактов, материалов, содержащихся в разных теоретических источниках [25].

После выбора темы необходимо научиться выдвигать гипотезу.

Гипотеза исследования – это вероятное, предположительное знание, еще не доказанное логически и не подтвержденное опытом [26].

Гипотеза – это не просто одна из возможных, случайных логических фигур, а необходимый компонент любого познавательного процесса. Там, где есть поиск новых идей или фактов, закономерных связей или причинных зависимостей, там всегда присутствует гипотеза. Она выступает связующим звеном между ранее достигнутым знанием и новыми истинами, и одновременно познавательным средством, регулирующим логический переход от прежнего, неполного и неточного, знания к новому, более полному и более точному.

Таким образом, внутренне присущее процессу познания развитие предопределяет функционирование в мышлении гипотезы в качестве необходимой и всеобщей формы такого развития.

Построение гипотезы всегда сопровождается выдвижением предположения о природе исследуемых явлений, которое является логической сердцевиной гипотезы и формулируется в виде отдельного суждения или системы взаимосвязанных суждений о свойствах

единичных фактов или закономерных связях явлений. Выраженное в предположении суждение всегда имеет ослабленную эпистемическую модальность, является проблематичным суждением, в котором выражено неточное знание.

Поскольку познание ставит задачу достижения объективной истины, значит, дающая лишь вероятное знание гипотеза является незавершенным этапом на пути к истине.

Чтобы превратиться в достоверное знание, предположение подлежит научной и практической проверке. Протекающий с использованием различных логических приемов, операций и форм вывода процесс проверки гипотезы приводит в итоге к опровержению либо подтверждению и дальнейшему ее доказательству.

В исследовательской задаче также необходимо различать объект исследования и предмет исследования.

Объект исследования – это та совокупность связей и отношений, свойств, которая существует объективно в теории и практике и служит источником необходимой для исследования информации.

Предмет исследования – является наиболее конкретным. В него входят только те связи и отношения, которые подлежат непосредственному изучению в работе, устанавливая границы научного поиска.

В объекте исследования часто можно выделить сразу несколько предметов исследования. Предмет исследования определяет непосредственно задачи и цель исследования.

Цель необходимо формулировать кратко, акцентируя внимание на том, что собирается делать исследователь. В процессе исследования цель может изменяться, а именно конкретизироваться, развиваться в задачах исследования.

Одним из самых сложных этапов исследования является выбор методов исследования. К методам исследования можно отнести эксперимент, наблюдение, сбор и поиск информации.

Эксперимент – один из методов исследования, используется практически во всех науках [27].

Физический эксперимент – это наблюдение и анализ исследуемых явлений в определённых условиях, позволяющих следить за ходом явления и воссоздать его всякий раз при фиксированных условиях.

Таким образом, физический эксперимент, как один из методов исследования, проводится с целью проверки или же наблюдения какого-либо явления.

Наблюдение – наиболее используемый и доступный метод исследования.

Наблюдение – это метод научного исследования, заключающийся в активном, систематическом, целенаправленном, планомерном и преднамеренном восприятии объекта, в ходе которого получается

знание о внешних сторонах, свойствах и отношениях изучаемого объекта [28].

После того как исследователь установил некую последовательность проведения исследования, начинается сбор материала.

Осуществить такой сбор можно с помощью алгоритма:

- подумать;
- задать вопрос самому себе;
- спросить у другого человека;
- попытаться найти ответ в книге;
- провести наблюдение;
- провести эксперимент;
- попытаться найти информацию в интернете;
- провести обобщения полученной информации;
- сделать заключение и выводы.

При рассмотрении общих методов решения физических задач, было выделено три этапа: физический, математический и анализ решения.

Физическая стадия начинается с гипотезы задачи и определении замкнутой системы уравнений, неизвестные которой включают искомые величины. Когда замкнутая система уравнений была создана, проблема решается с точки зрения физики.

Математический этап начинается с решения замкнутой системы уравнений и заканчивается получением численного ответа. Ошибочно полагать, что математический этап менее важен, чем физический. Так как, этап анализа решения не может быть осуществлен, если общие и численные ответы не были получены. Окончательное решение задачи в равной степени опирается как на физическую стадию, так и на математическую стадию.

На этапе анализа мы устанавливаем, как и от каких физических величин зависит найденная величина. В заключении анализа мы рассматриваем возможность формулировки и решения других задач, полученных путем варьирования и преобразования членов данной задачи.

Для проверки правильности общего решения используется метод размерностей. Анализ численного ответа часто включает в себя следующие действия:

- исследование размеров полученной величины;
- проверка того, что полученный численный ответ является физически значимым и соответствует возможным значениям искомой величины;
- исследование соответствия ответа условию задачи.

В определенной степени, анализ решения – это творческий процесс. Следовательно, описанный метод не может быть слишком жестким и может включать в себя ряд других элементов, в зависимости от гипотезы проблемы.

На каждом этапе ученик, решающий задачу, должен действовать независимо, в соответствии с конкретной стадией.

Если ученик, не знаком с общими методами решения задач, он будет использовать метод проб и ошибок. Таким образом, появляется необходимость системы общих методов для выполнения всех этапов решения физической задачи.

Проанализировав, каким образом должен быть выполнен каждый этап решения задачи, мы предлагаем следующую систему методов:

- постановка задачи;
- анализ физического содержания проблемы;
- выдвижение гипотезы и применение физического закона;
- применение общих частных методов (метод упрощения и усложнения, оценка)
- анализ решения.

Каждый метод имеет смысл и проявляется полностью только в рамках системы методов. И эта система не всегда автоматически гарантирует решение проблемы.

С.Ф. Митенева выделяет основные требования, которым должны удовлетворять творческие задачи:

- содержать элементы новизны и занимательности, способствовать развитию познавательного интереса;
- содержать элементы исследования и самостоятельной работы;
- побуждать учащихся к поиску новых фактов и методов решения, результатом которого является приобретение новых знаний;
- допускать различные способы решения, вариативность результатов решения или отсутствие такового;
- содержать в отдельных случаях данные и факты, излишние для осуществления решения, или иметь недостаточное количество данных для решения;
- способствовать развитию пространственного мышления, воображения, интуиции [29].

Решение задачи состоит в том, чтобы упорядоченным образом использовать обобщённые или специальные методы для поиска решения проблем. Решение некоторых задач сводится к определённому алгоритму.

Примером таких задач может быть следующая:

**Задача 1.** Если осторожно столкнуть друг с другом два твёрдых стальных шара или схожих предмета, они издадут необычный «чирикающий» звук. Исследуйте и объясните природу этого звука.

1. Факты: первоначальные опыты со стальными шарами, висящими на подвесах, зажатыми в зажимах, или удерживаемыми руками привели к тому, что «чирикающий» звук наиболее ярко наблюдается в последнем случае.



2. Гипотеза: запись звука в программе Audacity 2.0 дает возможность предполагать, что причиной «чирикания» являются повторяющиеся столкновения.

3. Эксперимент. Первая часть эксперимента доказывает упругость удара. Проверая выполнение закона сохранения механической энергии при центральном ударе, получаем значение коэффициента восстановления порядка 0,8. Оба результата подтверждают, что удар стальных шаров в нашем случае является упругим.

Во второй части эксперимента выявляем изменение промежутков времени между повторными ударами при «чирикающем звуке», и видим, что промежутки времени связаны между собой всё тем же коэффициентом восстановления.

В третьей части эксперимента моделируем звук удара при помощи программы Audacity 2.0, следя за тем, чтобы промежутки между ударами были связаны коэффициентом восстановления. Модель даёт нам тот самый «чирикающий» звук.

4. Вывод. Причиной «чирикающего» звука являются повторяющиеся удары, время повторов связано коэффициентом восстановления при упругом ударе.

При решении этой задачи использовались такие научные методы как наблюдение, научная гипотеза, эксперимент, измерение, моделирование, индукция (обобщение).

При решении задач ученикам не следует полностью полагаться на алгоритмы или уравнения. Существует необходимость дополнения к использованию алгоритмов концептуальным пониманием. Например, преобразование моля в грамм не может быть напрямую применено к задаче, требующий от ученика перехода от грамма к молю. Если ученик обладает сильными концептуальными пониманиями этой темы, он увидит сходство двух задач и сможет прийти к решению самостоятельно.

Повторное применение идентичных алгоритмов устраняет возможность развития понимания концептуального характера проблемы. Это дает ученикам «неадекватный» опыт решения задач.

Определённого алгоритма решения исследовательских задач нет, но можно выделить общие методики, которые можно некоторым образом отнести к алгоритму решения исследовательских задач.

Таким образом, мы сформулировали *пять этапов в решении исследовательских задач*:

#### *1. Определить тип задачи*

К исследовательским задачам относятся: качественные, экспериментальные задачи; задачи-рисунки; задачи-оценки, технические задачи, графические задачи.

Исследовательская задача может быть и изобретательской, тогда, появляется необходимость изменить формулировку вопроса: «Как сделать, чтобы происходило это явление?»

## *2. Сформулировать к задаче противоречие, Идеальный конечный результат (ИКР)*

Гегель сказал: «Противоречие есть критерий истины, отсутствие противоречия – критерий заблуждения».

Решая исследовательские задачи, проектирование тех или иных явлений, приводят к определённым противоречиям. Противоречие – взаимодействие противоположных, взаимоисключающих сторон и тенденций, предметов и явлений, которые вместе с тем находятся во внутреннем единстве и взаимопроникновении, выступая источником самодвижения и развития объективного мира и познания.

Идеальный конечный результат – решение, которое мы хотели бы видеть в своих мечтах.

Противоречие и ИКР «обостряют» проблему. Можно выделить определенное правило формулировки противоречия и ИКР.

Сформулировать противоречие можно следующим образом:

– данная система должна обладать свойством «А», чтобы выполнять необходимую функцию, – и свойством «неА», чтобы удовлетворять тем ограничениям и требованиям, которые существуют;

– должно выполняться действия «А», для того чтобы задача была решена, – и должно выполняться действие «неА», потому что таковы реальные требования.

Правила формулировки ИКР:

Идеальный конечный результат – это система, в которой необходимое действие получается без каких-либо затрат. При формулировании ИКР обычно применяются слова «Сам», «Само», «Сама».

## *3. Выявить ресурсы*

Ресурсами в задаче называется всё, что может быть использовано при решении задач.

Все ресурсы можно разделить следующим образом:

– материально-вещественные (вещества, предметы, товары, деньги, приборы и оборудование);

– информационные (интернет, книги, и т.д.);

– ресурсы времени;

– ресурсы пространства (объём, площадь, периметр);

– энергетические ресурсы и поля (тепловая, электрическая, электромагнитная, и т.д.);

– человеческие восприятия (слух, обоняние, осязание);

– исторические ресурсы (опыт прошлого).

Использовать ресурсы в задаче очень просто. Для начала нужно найти те, ресурсы, которые есть в задаче, выявить необходимость ресурсов, которых в задаче нет, но необходимость в них есть. А также необходимо провести оценку ресурса, т.е. ответить на вопрос: «Какой эффект будет от использования данного ресурса?».

#### 4. Применить приемы и принципы решения

Существует три вида разрешения противоречий: во времени, пространстве, в воздействии.

Разрешение противоречий в пространстве формулируется аналогичным образом: «Одна часть системы обладает свойством «А», а другая часть системы обладает свойством «неА».

Разрешение противоречий в воздействии: «При воздействии-1 система обладает свойством «А», а при воздействии-2 – свойством «неА».

Разрешение противоречий во времени формулируется следующим образом: «В интервал времени  $T_1$  рассматриваемая система обладает свойством «А», а в интервал времени  $T_2$  система обладает свойством «неА».

При решении исследовательских задач, мы выделяем некоторые принципы решения:

– принцип объединения (при необходимости, можно произвести определённые действие не с одним объектом, а с большим количеством объектов. Объединение было осуществлено, с учётом невозможности сделать те же действия с одним объектом);

– принцип дробления (если сложно произвести действия с одним объектом, можно произвести его дробление);

– принцип динамичности (состояние предмета может быть изменено из статического в динамическое, в случае необходимости такого перехода);

– принцип промежуточного объекта (в случае невозможности произвести необходимые действия с объектом, можно ввести промежуточный объект, с помощью которого и производят определённые действия);

– принцип наоборот (в случае, если сложно произвести действие с объектом, производят противоположное действие);

– принцип копирования (если сложно производить необходимые действия с объектом, нужные действия производят с его копией).

#### 5. Анализ решения

Практический опыт решения исследовательских задач привёл к выводу, что учитель *не должен делать*:

– руководитель не подсказывает прямо хода решения, если этот ход ему известен;

– руководитель не мешает ученику двигаться в выбранном направлении решения, даже если руководителю кажется, что путь заведомо ложный (кстати, бывает, что руководитель в этом ошибается);

– руководитель не требует изучения определённого корпуса литературы, а только советует, что может ученику помочь;

– руководитель не ставит жестких промежуточных сроков и подстраивается под ритм работы, удобный ученику. Некоторые дети

работают над темой регулярно, некоторые урывками, откладывая проблему на несколько недель; главное, чтобы ученик нашёл свой ритм исследовательской работы;

– руководитель работает с учеником как с младшим коллегой, помогая ему, если есть просьба о такой помощи, и на равных обсуждая возникающие проблемы. Вести работу в таком стиле проще, если руководитель сам не знает полного решения задачи или хотя бы решения теми средствами, которыми владеет ученик.

*Ответьте на вопросы:*

1. По какому плану необходимо обучать учащихся решению исследовательских задач?

2. Назовите этапы исследовательской деятельности в области физики.

3. Объект и предмет исследования, что в них общего и в чем отличие?

4. Типы исследований, реализуемые при решении исследовательских задач.

5. Методы исследований, используемые при решении исследовательских задач.

*Задание*

Проиллюстрируйте методические особенности решения исследовательских задач, используя задачи, приведенные в параграфе.

### **3.1.1 Решение качественных исследовательских задач**

Решение исследовательских задач необходимо начинать с качественных исследовательских задач.

В качественной задаче всегда чётко проступает проблема, которую необходимо решить. В таких задачах практически отсутствуют явные данные.

Поэтому, при решении качественных исследовательских задач нужно чётко понимать, о каком явлении или процессе идет речь. К исследовательским качественным задачам можно отнести те задачи, которые предполагают несколько вариантов решения. Например:

*Задача 1.* Дана кастрюля с горячей водой и лёд, предложите варианты как быстрее охладить воду в кастрюле.

*Решение 1:* Если положить лед снизу, холодная и тяжёлая вода будут оставаться снизу и конвекции происходить не будет.

*Решение 2:* Если положить лед сверху, то холодный воздух будет опускаться вниз и охлаждать верхние слои воды и в жидкости и в воздухе конвекция поможет быстрее охладить воду.

Также, при решении качественных исследовательских задач, можно получить одинаковый ответ, используя при этом разные методы. Например:

**Задача 2.** Согласно аэродинамическим представлениям воздушное крыло создаёт подъёмную силу, благодаря тому, что воздух обтекает верхнюю его сторону с большей скоростью, чем нижнюю. При полёте крученного теннисного мяча (если мяч вращается вокруг горизонтальной оси) вроде происходит то же самое: воздух быстрее проносится над мячом, чем под ним.

Тем не менее, мяч всегда стремительно летит вниз, а не вверх. Не нарушается ли здесь правило аэродинамики?

**Решение 1:** Классическое описание аэродинамики крыла, упомянутое в вопросе, не является полным, что и сказывается в случае крученого мяча. Вспомним законы Ньютона. По третьему закону, подъёмная сила – это сила реакции, возникающая из-за того, что, грубо говоря, крыло «заставляет» воздушный поток опускаться. Крученный же теннисный мяч «заставляет» его подниматься, а сам вследствие этого опускается.

Действительно, при полёте крученого мяча, скорость воздушного потока вблизи верхней точки мяча больше, чем вблизи нижней. Поскольку поток не может плавно обогнуть заднюю поверхность мяча, он разделяется, – возникают завихрения. Точки, где происходят эти разделения, расположены несимметрично: вблизи вершинки мяча эта точка отстоит дальше от его «экватора», чем та, что вблизи основания. Это порождает асимметричный турбулентный поток, слегка выгнутый вверх. В результате на мяч действует сила реакции, направленная вниз.

Если мяч не закручен, турбулентная струя симметрична относительно его «экватора», и результирующая сила отсутствует. Если он закручен вокруг вертикальной оси, то возникает боковая сила, траектории мяча искривляются вбок. При определённых условиях, в зависимости от размера, и скорости мяча, могут возникать периодические асимметричные вихри. В результате мяч будет двигаться по спиральной траектории. Это часто случается при игре в бейсбол.

**Решение 2:** Траектория вращающихся объектов отличается от траектории не вращающихся из-за возникновения так называемой силы Магнуса. Если объект вращается вокруг горизонтальной оси, то прилегающий к его поверхности тонкий слой воздуха в самой верхней точке объекта действительно движется быстрее, чем в самой нижней. В результате нижний слой «прилипает» к объекту дольше, а верхний слой отрывается от него раньше, что и приводит к появлению силы, направленной вверх, и соответственно, по третьему закону Ньютона, действующей на объект силы реакции, направленной вниз. Английский инженер Барнс Уоллис на основе этого эффекта изобрел «прыгающую» бомбу, летящую дальше обычной.

**Задача 3.** Может ли торнадо теоретически неограниченно долго развиваться, пока не поглотит все другие погодные явления и не станет единственной погодной системой на Земле?

**Решение 1:** Нет. Для развития и поддержания любого урагана, в том числе и торнадо, требуется теплая вода, именно она обеспечивает непрерывное поступление энергии и порождает области низкого атмосферного давления. Их «киллеры» – холодная вода и высокое атмосферное давление. И действительно, торнадо зарождаются только в период между маем и ноябрём, когда ещё довольно тепло. Ураганы гасятся и наземными структурами, в особенности горными массивами, которые не дают им сохранять свою форму. В связи со всем сказанным ураган не может существовать бесконечно долго, всегда находятся какие-то факторы, разрушающие их структуры. Наибольшее отмеченное время существования торнадо – две недели.

**Решение 2:** Теплые океанские воды нагревают прилегающие слои воздуха, он становится менее плотным и поднимается вверх, приводя к уменьшению давления и формированию так называемого «глаза урагана». Хотя ураганы весьма разрушительны, они начинают терять энергию и исчезают вовсе, как только достигают побережья, ведь источник энергии теряется. Ураганы принадлежат к семейству тропических циклонов, включая тайфуны. Самым живущим был тайфун «Джон» в Тихом океане – он длился 31 день в августе-сентябре 1994 г. В противоположность этому шторм на Юпитере – Большое Красное Пятно – длится непрерывно уже, по крайней мере, три столетия. Впервые он наблюдался Робертом Гуком в 1664 году, диаметр его вдвое превышает диаметр Земли. Частично это объясняется тем, что Юпитер – газовая планета, так что там нет твердой поверхности, над которой бы и затух этот шторм.

Даже если земной ураган имел бы размер материка, он не мог бы распространиться по всему земному шару. Экватор к тому же разделяет нашу планету на две полусферы, в каждой из которых своя система циркуляции атмосферного воздуха, – так называемые конвективные ячейки.

Решая качественные исследовательские задачи можно частично или полностью воспользоваться следующими действиями:

1. Использовать метод обращения. Вопрос «как это объяснить?» переформулировать на вопрос «Как сделать?».

2. Сформулировать идеальный конечный результат решения задачи (ИКР).

3. Рассмотреть имеющиеся ресурсы.

Поэтапный ход решения задачи помогает более подробно разобрать физическую суть задачи. Далее приведены примеры решения качественных исследовательских задач.

**Задача 4.** Спортивные рекорды в беге устойчивы, а рекорды в плавании часто обновляются, почему?

*Решение:*

*Первое обращение задачи:* как сделать, чтобы спортсмен обновил рекорд в плавании?

*ИКР:* рекорд в плавании сам обновляется без физической нагрузки спортсмена.

Ресурс различия: чем отличаются рекорд в беге от рекорда в плавании?

(Достижения в беге почти не зависят от уровня технического оснащения спортсмена, если не считать качества обуви и покрытия беговой дорожки. В основном рекорды в этом виде спорта – результат физической подготовки самого спортсмена, а физические нагрузки человека имеют предел. В плавании результат во многом зависит от сопротивления воды).

*Второе обращение задачи:* Как уменьшить сопротивление воды?

(Сопротивление воды можно снизить за счёт, например, полного сбривания волос с тела и головы спортсмена. Другой путь – облачение в цельный костюм из лайкры (материала, имитирующего кожу акулы, которая обладает исключительно низким коэффициентом трения), использование очков специальной конструкции и т.п. Сопротивление воздуха очень мало по сравнению с сопротивлением воды, так что, облачившись в лайкровый костюм, бегун может рассчитывать на выигрыш пары сотых секунд на дистанции 100 м, в то время как пловец может выиграть десятую долю секунды).

*Примечание:* Действительно, сейчас уже во многих видах спорта достигнуты предельные для человеческого организма показатели. Дальнейшие рекорды возможны лишь за счет новейших технологий.

*Задача 5.* Металлический шар комнатной температуры погружают в жидкий азот. Сначала азот закипает, потом кипение прекращается, а далее интенсивность кипения резко возрастает. Почему так происходит?

*Решение:*

*Обращение задачи:* Каким образом можно увеличить интенсивность кипения?

*ИКР:* теплообмен сам усиливается в конце кипения.

*Ресурсы изменения состояния:* Металлический шар охлаждается, тем самым изменяется его температура. Азот сначала закипает, а потом кипение прекращается. Газообразного азота образуется меньше, появляется контакт жидкого азота с металлическим шаром, что приводит к увеличению теплообмена. Таким образом, объясняется данный эффект.

*Ответьте на вопросы:*

1. Какие задачи по физике относятся к качественным?
2. Какие качественные задачи относятся к исследовательским?
3. В чём заключаются методические особенности решения качественных задач?

4. Что понимают под идеальным конечным результатом исследовательской качественной задачи?

### *Задание*

Воспользовавшись существующими сборниками задач по физике, подберите десять качественных задач, которые можно отнести к исследовательским.

### **3.1.2 Методика решения «задач-оценок»**

Вопросов, требующих исследования бесконечно много. К примеру: почему жужжит пчела? Почему хрустит снег? Что поднимает в воздух самолет? и т.д.

Очень часто вопросы необходимо не просто объяснить, а оценить величины того или иного эффекта и подкрепить объяснение расчётом или экспериментом. Поиск ответов на такие вопросы заставит учащихся обратиться к дополнительной литературе, учебнику.

Как показал наш опыт, программа школьного курса физики не позволяет во времени уделить достаточное количество внимания решению физических задач, в том числе и задач-оценок.

Между тем именно задачи-оценки позволяют применить теоретические положения и законы физики на практике, другими глазами увидеть происходящие вокруг нас процессы и явления, «приземлить» довольно сложную теорию. Именно эти задачи позволяют оценить человека как физический объект, определить его место и роль в природе.

Ценность задач-оценок состоит в том, что в формулировке их нет или почти нет необходимых для решения численных значений физических величин. Выбрать и задач эти величины должен сам учащийся, перелистав справочную литературу.

Примерами таких задач могут быть следующие:

*Задача 1.* Спортсмен, рост которого  $h = 170 \text{ см}$ , может бегать с максимальной скоростью  $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Оцените максимальную высоту, которую он может преодолеть на соревнованиях по прыжкам в высоту с шестом.

*Решение:* Шест помогает спортсмену изменить направление его скорости. При этом сначала шест изгибается и накапливает энергию в форме энергии упругой деформации, а затем, распрямляясь, отдает эту энергию (частично) спортсмену. Предположим, что КПД преобразования энергии шестом равен 80 %.

Предположим также, что спортсмен во время подъёма на шесте не перебирает руками (это запрещено правилами соревнований), но за



счёт работы рук и туловища дополнительно поднимает свой центр масс на высоту собственного роста. Просуммируем все расстояния.

1. Центр масс спортсмена перед началом прыжка находится на высоте примерно  $\frac{h}{2}$ .

2. Спортсмен поднимает сам себя на высоту  $h$ .

3. Шест обеспечивает дополнительный подъем на высоту  $\frac{0,8 v^2}{2g}$ .

Итого получается:

$$0,85+1,7+0,8 \cdot 5=6,55 \text{ (м)}.$$

Рекорд мира, установленный в 1993 году Сергеем Бубкой – 6,14 м. Выходит, спортсменам есть к чему стремиться. Теоретически рекорд может ещё увеличиться как за счёт повышения техники прыжка спортсмена, так и за счёт усовершенствования шеста.

*Задача 2.* Оцените скорость теплового движения молекул газа при нормальных условиях, считая воздух газом, состоящим из одинаковых молекул.

Физическая постановка задачи, выбор и построение простейшей физической модели является важным и в тоже время трудным этапом решения задач-оценок. Необходимо правильно отобрать физические параметры, наиболее существенные для задачи, и пренебречь параметрами, слабо влияющими на интересующее нас явление.

*Решение:* Чтобы сделать такую оценку, воспользуемся непосредственно уравнением, устанавливающим связь давления газа с его плотностью и средним значением квадрата скорости:

$$p = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2}.$$

Выразим из этого уравнения среднюю квадратичную скорость молекул газа:

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}.$$

Теперь необходимо вспомнить параметры воздуха при нормальных условиях. Необходимыми параметрами в данной задаче являются давление и плотность.

Давление воздуха при нормальных условиях равно примерно  $1,01 \cdot 10^5$  Па, плотность  $1,29 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ . Подставляя эти значения, получим:

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{1,01 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1,29}} = 280 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Полученная оценка достаточно верна.

**Задача 3.** Спортсмен, рост которого  $h = 1,7 \text{ м}$ , может бегать с максимальной скоростью  $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  и может преодолеть планку на высоте своего роста  $h$ , когда прыгает в высоту. Оцените его максимальный результат в соревнованиях по прыжкам в длину.

**Решение:** В момент последнего толчка перед длинным прыжком спортсмен придает себе такую вертикальную скорость, что его центр масс приподнимается максимально над начальным положением примерно на высоту  $\frac{h}{2}$ . При этом его горизонтальная составляющая скорости немного уменьшается:

$$v_{\text{гор}} = (v^2 - gh)^{0,5}.$$

К последним мгновениям полета спортсмен принимает положение в пространстве, при котором его туловище вытянуло вдоль траектории движения. Его центр масс движется в направлении точки касания земли ногами. Направлять центр в более далекое место или в более близкое бессмысленно, так как не получится рекорда. В итоге время полета при таком прыжке составляет:

$$t = t_1 + t_2 = (1 + 2^{0,5}) \left(\frac{h}{g}\right)^{0,5},$$

А дальность прыжка равна:

$$t (v^2 - gh)^{0,5} = 9,18 \text{ м}.$$

Рекорд мира по прыжкам в длину 8,95 м установил в 1991 году Майк Пауэлл, который побил державшийся с 1968 года рекорд Боба Бимона (8,90 м). Как видно, результаты спортсменов весьма близки к теоретическому пределу.

**Задача 4.** В земных условиях на горизонтальной спортивной площадке космонавт бросал на тренировке молоток на расстояние  $L = 40 \text{ м}$ . Тот же космонавт при выходе в открытый космос для починки антенны (с помощью того же молотка) случайно выпустил из рук молоток, который по отношению к космической станции полетел с такой же скоростью, как на тренировке. В момент броска станция по отношению к Земле летела в направлении на северо-восток, а молоток по отношению к станции вылетел в направлении на северо-запад. На какое максимальное расстояние от станции удалится этот молоток за первый час полёта?

**Решение:** По отношению к станции молоток в момент броска имел скорость, примерно равную:

$$\sqrt{gL} = 20 \text{ м/с.}$$

По отношению к Земле и молоток, и станция летят горизонтально с примерно одинаковыми скоростями. Однако их скорости в момент броска отличаются по направлению на небольшой угол  $\alpha = \frac{20}{8000}$  (рад). Плоскости почти круговых орбит станции и молотка развернуты как раз на этот самый угол.

Максимальное удаление при таких орбитах за первый час полёта будет иметь место через  $\frac{1}{4}$  часть периода обращения этих тел вокруг Земли, то есть примерно через 21 минуту. Расстояние, на котором к этому моменту окажутся молоток и станция, будет равно примерно  $\alpha \cdot R_{\text{Земли}} \approx 16 \text{ км}$ . Еще через 21 минуту, то есть через 42 минуты после начала «эксперимента», молоток вернётся к станции и, если за это время космонавты не предпримут каких-либо действий, может удариться о корпус или о какую-либо антенну станции на относительной скорости  $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Если молоток случайно «проскочит» мимо, то к концу первого часа полёта он снова удалится от станции, но уже на меньшее расстояние:

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{18}{21}\right) \cdot \alpha \cdot R_{\text{Земли}} \approx 15,6 \text{ км.}$$

**Задача 5.** Согласно одной из средневековых моделей мира, Земля лежит на спине Кита, плавающего в океане. Оцените характерные размеры этого кита. Землю считайте полусферой радиуса  $R = 6400 \text{ км}$ , плотность земных пород –  $\rho_3 = 5,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , плотность Кита –  $\rho_K = 0,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

**Указание:** Кита можно представить в виде цилиндра, диаметр которого в несколько (например, в 10) раз меньше его длины.

**Решение:** Обозначим длину Кита  $L$ , тогда, в соответствии с предположением, его радиус:

$$r = \frac{L}{20}.$$

В соответствии с представлениями того времени предположим, что Кит и Земля находятся в однородном гравитационном поле (как объяснить возникновение этого поля, в рамках данной задачи нас не интересует). Тогда существование описанной конструкции возможно, если суммарная масса Кита и земли не больше массы воды в объёме Кита, что можно выразить следующим уравнением:

$$\frac{2}{3} \pi \rho_3 R^3 + 20r\pi r^2 \rho_K \leq 20r\pi r^2 \rho_в ,$$

Откуда несложно получить:

$$r \geq \sqrt[3]{\frac{\rho_3}{30(\rho_в - \rho_к)}} R_3 \approx 8700 \text{ км.}$$

Тогда длина Кита должна быть не меньше 174000 км. В действительности эта оценка несколько занижена, т.к. для устойчивого плавания необходимо, чтобы Кит не полностью погружался в воду.

**Задача 6.** Сколько стоит молния?

Задача состоит в том, чтобы учесть электрическую энергию, необходимую для грозового разряда, и оценить её по тарифу электрического освещения.

Для решения данной задачи формулируются частные задачи:

1. Чему равен потенциал грозового облака?
2. Можно ли определить максимальную силу тока грозового разряда? Если да, то как?
3. Каким образом можно определить мощность разряда?
4. Необходимо ли учитывать время разряда? Если да, то зачем?

**Решение:** Потенциал грозового облака равен примерно 50 млн. Вольт. Максимальная сила тока оценивается при этом в 200 тыс. Ампер. Максимальную силу тока можно определить по степени намагничивания стального стержня тем током, который пробегает в его обмотке при ударе молнии в громоотвод. Мощность получим, перемножив потенциал грозового облака на силу тока, при этом, необходимо учесть тот факт, что, пока длится разряд, потенциал падает до нуля, поэтому при вычислении мощности разряда необходимо взять средний потенциал, иначе говоря – половину начального потенциала.

$$P = \frac{(5 \cdot 10^7 \text{ В}) \cdot (2 \cdot 10^5 \text{ А})}{2} = 5 \cdot 10^{12} \text{ Вт.}$$

Чтобы получить энергию в киловатт-часах, которая фигурирует в счетчиках за электрическое освещение, необходимо учесть время.

Отдача столь значительной мощности длится около тысячной доли секунды. За это время израсходуется энергия, равная:

$$W = \frac{5 \cdot 10^9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}{3600 \cdot 1000} \approx 1400 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Один киловатт-час по тарифу обходится потребителю электрического тока в 16,35 тенге.

Таким образом, стоимость молнии будет равна:

$$16,35 \text{ тенге} \cdot 1400 = 22890 \text{ тенге.}$$

*Ответьте на вопросы:*

1. Какие задачи относятся к задачам-оценкам?
2. Почему задачи-оценки можно отнести к исследовательским задачам?
3. Чем отличается методика решения задач-оценок?

**Задание**

Решите следующую задачу-оценку:

Оцените силу, необходимую для разъединения двух «слипшихся» отполированных стекол размером 1 м на 1 м, между которыми находится вода. Среднее расстояние между стеклами равно 0,2 мм. Как можно облегчить разъединение стекол?

### 3.1.3 Методика решения «задач-рисунков»

Весь окружающий нас мир, природа и техника наполнены разнообразными физическими явлениями, которыми управляют физические законы. Существует необходимость научиться распознавать физические явления, понимать, как и почему они происходят, какие условия на них влияют, к каким следствиям приводят.

Задача-рисунок поможет разглядеть и понять целый ряд явлений, которые постоянно совершаются у всех на виду и поэтому часто не привлекают внимания, поможет научиться сравнивать физические явления, находить в них общие черты и индивидуальные особенности, сопоставлять действительность с тем материалом, который изучается в общем курсе физики.

Далее приведены примеры таких задач:

**Задача 1.** Перед вами фото, в соответствии с рисунком 9. Вы уже догадались: это снимок ночного неба. А не могли бы вы по этому снимку определить, как долго был открыт затвор фотоаппарата при съемке?

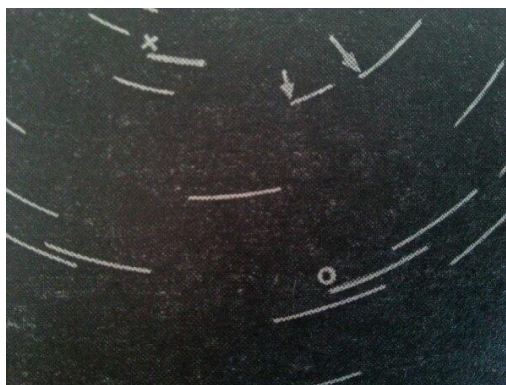


Рисунок 9

*Решение:* Этим снимком обычно иллюстрируют кажущееся вращение небосвода, вызванное вращением Земли вокруг своей оси. Время, за которое Земля совершает один оборот вокруг своей оси, называется сутками. Этих знаний вполне достаточно, чтобы решить задачу.

При мгновенной съемке звезда на снимке получается в виде точки. Если же затвор фотоаппарата открыт долго, то будут засняты все положения, которые звезда примет за время экспозиции, отчего каждая звезда изобразится дугой, тем большей, чем дольше открыт затвор. Ясно, что если затвор открыть ровно на сутки (и если бы в продолжение целых суток длилась ночь, и видны были бы звёзды – ситуация, возможная зимой в Заполярье), то каждая звезда совершила бы целый оборот и изобразилась бы в виде окружности. Центром всех окружностей был бы небесный полюс – точка на небесной сфере, лежащая на продолжении земной оси. Открывая затвор на 12 ч, мы получили бы изображения звёзд в виде дуг длиной в 180. Таким образом, длина дуги  $\alpha$ , в которую превращается звезда на снимке, пропорциональна времени открытия затвора  $t$ :

$$\frac{\alpha}{360} = \frac{t}{24},$$

где  $\alpha$  – в градусах,  $t$  – в часах.

Итак, чтобы вычислить  $t$ , нужно измерить  $\alpha$ . Это можно сделать, например, с помощью транспортира, совместив его центр с центром вращения изображения. А этот центр можно найти, например, как точку пересечения двух прямых, перпендикулярных к данной дуге в точках на обоих ее концах (и к любой другой). Чтобы уменьшить при этом влияние ошибок построения, целесообразно провести побольше (5-10) перпендикуляров к разным дугам и считать центром точку, среднюю из всех пересечений.

Измерения на рисунке 9 дают  $\alpha \approx 15^\circ$ , что соответствует времени  $t = 1$  ч.

**Задача 2.** Взлетает или садится космический корабль, в соответствии с рисунком 10.

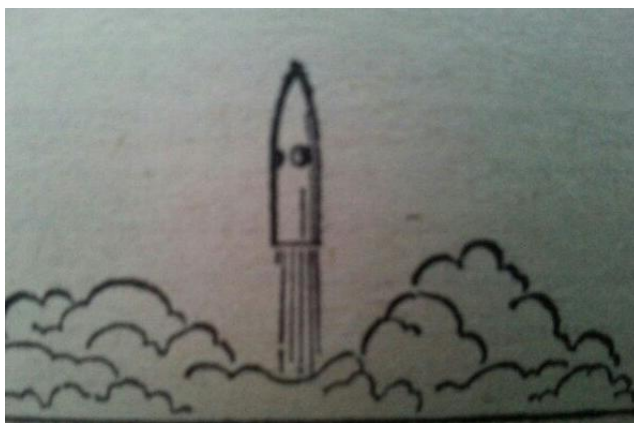


Рисунок 10

*Решение:* Для того чтобы вывести спутник массой в одну тонну на орбиту, в настоящее время требуется десятки тонн топлива. В космическом корабле, который, в отличие от спутника, кроме выхода на орбиту должен совершить свое космическое путешествие и затем благополучно приземлиться, соотношение между необходимым топливом и полезной массой ещё во много раз больше. Следовательно, в стартующем космическом корабле высота полезных отсеков (кабина с космонавтами, научная аппаратура) составляет ничтожную малую часть от общей высоты корабля.

Судя по размерам иллюминаторов, по крайней мере, половину корабля занимает кабина. Следовательно, большинство ступеней ракеты уже отброшено. Двигатель корабля состоит не более чем из одной ступени. Это последняя ступень. Ситуация, в которой работает последняя ступень, никак не может быть стартом. Это приземление.

*Задача 3.* Филателисты высоко ценят марку, имеющую какую-либо особенность. Например, надпечатку (поправку, внесённую уже после изготовления марки). Перед вами одна из марок с надпечаткой, в соответствии с рисунком 11. Ее официальное название «На Луне». Однако после точки видна буква В – начало какого-то дополнения к названию, запечатанного так, чтобы надпечатку можно было принять за теньюю деталь на Луне.



Рисунок 11

С помощью любимого орудия Шерлока Холмса – лупы – на просвет можно прочесть (на оригинале) запечатанную фразу: «Восходит Земля». Итак, полная надпись: «На Луне восходит Земля». И действительно, из-за лунного горизонта выглядывает половина земного шара, и космонавты приветственно машут своей далёкой Матери-Земле.

Спрашивается: чем руководствовался тот, кто вычеркнул слова «Восходит Земля», и как поступили бы вы на его месте?

*Решение:* Очевидно, вычеркивающий нашёл слова «Восходит земля». В самом деле, кто сейчас не знает, что Луна повернута к нам всегда одной стороной, а обратную сторону удалось впервые увидеть в 1959 г. – на снимках, переданных на Землю станцией (Луна-3). А если так, то Земля в небе Луны неподвижна и, следовательно, не может восходить и заходить. Видимо, вычеркивающий знал это слишком твёрдо, принимал за абсолютную истину, в то время как это всего лишь первое приближение к ней.

Благодаря либрациям Земля относительно горизонта Луны описывает довольно сложную траекторию, в соответствии с рисунком 6, в прямоугольнике со сторонами  $15^{\circ}40'$  (запад-восток) и  $13^{\circ}20'$  (север-юг).

Если лунная экспедиция высадилась не в центре лунного диска, а на краю, то фигура, в соответствии с рисунком 12, опустится к горизонту и космонавт сможет наблюдать восход Земли. Высадка в районе полюса позволяет наблюдать верхнюю (или нижнюю) половину прямоугольника, вблизи экватора – левую или правую.

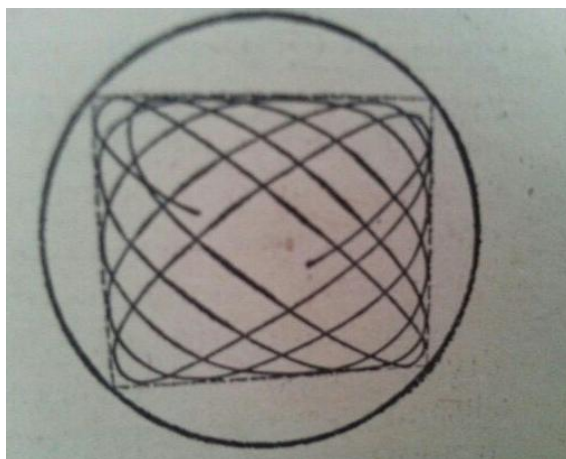


Рисунок 12

### 3.1.4 Решение экспериментальных исследовательских задач

Задачи, решение которых предполагает проведение физического эксперимента, относят к экспериментальным задачам. Большинство



этих задач содержит вопрос – исследовать, найти зависимость, если задано оборудование необходимое для выполнения эксперимента. Такие задачи естественно относятся к исследовательским, так как методика их решения аналогична методике решения исследовательских задач.

Не случайно экспериментальные задачи являются обязательным элементом олимпиад по физике любого уровня.

*Задача 1.* Проверьте закон Бойля-Мариотта, исследовав изотермический процесс.

Данную исследовательскую задачу, необходимо решить с помощью поставленного эксперимента.

*Минимальный набор оборудования:* штатив с муфтой и лапкой, запаянная с одного конца стеклянная трубка, высокий сосуд с водой, линейка, барометр.

*Рекомендации для учителя:* Изотермическим называется процесс, протекающий при постоянной температуре. Для изотермического процесса, протекающего при постоянной массе газа, выполняется закон Бойля-Мариотта:

$$pV = \text{const.}$$

Для двух состояний газа уравнение переписывается в виде:

$$p_1V_1 = p_2V_2.$$

Если опустить стеклянную трубку открытым концом в сосуд с водой, то по мере погружения высота столба воды в трубке будет увеличиваться, так же, как и давление  $p$  воздуха в ней:

$$p = p_{\text{атм}} + \rho gh,$$

где  $h$  – разность уровней воды в сосуде и трубке.

Объем воздушного столба в трубке можно найти как произведение его высоты  $L$  на площадь  $S$  внутреннего сечения трубки:

$$V = S \cdot L.$$

Согласно закону Бойля-Мариотта:

$$S \cdot L \cdot p_{\text{атм}} = S \cdot l_1 \cdot (p_{\text{атм}} + \rho gh_1) = S \cdot l_2 \cdot (p_{\text{атм}} + \rho gh_2),$$

где  $l_1, l_2$  – высоты столба воздуха в трубке,  $h_1, h_2$  – разности уровней воды в сосуде и трубке. Разделив выражение на  $S$ , получим

$$L \cdot p_{\text{атм}} = l_1 \cdot (p_{\text{атм}} + \rho g h_1) = l_2 \cdot (p_{\text{атм}} + \rho g h_2) = A.$$

Таким образом, проверка закона Бойля-Мариотта заключается в нахождении константы  $A$ .

**Задача 2.** Самовар вмещает в себя 30 стаканов воды. Подставив стакан под кран самовара, Алия решила исследовать, за какое время наберётся вода. Используя секундомер, Алия определила время наполнения одного стакана. За какое время опорожнится весь самовар?

*Минимальный набор оборудования:* самовар, стакан, ёмкость, секундомер.

Казалось бы, здесь арифметически простая задача. Если один стакан вытекает за время  $t$ , то вся вода вытечет за время  $30t$ .

Но проделав опыт, окажется, что вода вытечет за время, большее  $30t$ .

Для того, чтобы решить данную задачу, необходимо сформулировать частные задачи:

1. Меняется ли скорость истечения воды? Если меняется, то как?
2. Изменяется ли давление в самоваре? Если изменяется, то как?

Каждая из задач является творческой, поскольку требует разработки методики решения, создания экспериментальной установки, поиска необходимой информации.

*Рекомендации для учителя:* Скорость истечения с начала до конца не остаётся одинаковой.

Скорость истечения всякой жидкости из отверстия в открытом сосуде находится в прямой зависимости от высоты столба жидкости, стоящего над отверстием. Торричелли впервые указал на эту зависимость и выразил её формулой:

$$v = \sqrt{2gh},$$

где – скорость истечения,  $g$  – ускорение свободного падения,  $h$  – высота уровня жидкости над отверстием.

Если после истечения из самовара 20 стаканов уровень воды в нем понизился в 4 раза, то 21 стакан наполнится вдвое медленнее, чем первый. И если в дальнейшем уровень воды понизится в девять раз, то для наполнения последних стаканов понадобится втрое больше времени, чем для первого.

**Задача 3.** У вас есть пружинные весы (динамометр), рассчитанные максимум на 200 Н, а вам надо взвесить чемодан, который примерно в 1,5 раза тяжелее. Можете ли вы это сделать? Как?

*Минимальный набор оборудования:* динамометр, чемодан.

*Рекомендации для учителя:* Можно положить чемодан на землю самой большой гранью, привязать к ручке динамометр и потянуть вверх. Чемодан начинает приподниматься, когда сила его тяжести будет равна половине той силы, которую показывает динамометр. (Мы воспользовались правилом моментов).

**Задача 4.** Мальчик поймал в реке рыбу. Ему захотелось тут же хотя бы приблизительно определить массу этой рыбы.

Как он может это сделать, если у него есть ровная прочная удочка и в своих запасах он нашел буханку хлеба массой в 1 кг.

*Минимальный набор оборудования:* линейка, имитирующая удочку, грузы разных масс

*Рекомендации для учителя:* Мальчик может использовать в качестве рычага свою удочку, к одному концу которой он может повесить буханку хлеба (известной массы), на другом конце будет подвешена пойманная рыба. Найдя такую точку удочки, подложив палец под которую, он добьётся равновесия удочки, и легко определит массу рыбы. Масса рыбы относится так к массе буханки хлеба, как расстояние до места крепления буханки относится к длине оставшегося куска удочки. В этом варианте мы пренебрегли массой самой удочки. В случае, если рыба маленькая, то масса удочки будет существенна. Необходимо сначала с использованием буханки и пальца найти центр масс удочки и ее массу, а затем перейти к нахождению массы рыбы.

**Задача 5.** Известно, что для измерения толщины тонких проволочек или пластин используются приборы для точных измерений: например, штангенциркуль или микрометр. К сожалению, у вас под рукой не оказалось таких приборов. Как бы вы поступили, чтобы измерить как можно точнее толщину одно- и пятидесяти копеечной монеты, листа бумаги в тетради или книге, фольги для обёртывания шоколадных конфет.

*Минимальный набор оборудования:* лист бумаги, линейка.

*Рекомендации для учителя:* Для того чтобы найти толщину тонкого листа бумаги, используя подручные измерительные приборы, нужно измерить толщину складывания листа бумаги. Толщину листа найдём, разделив толщину стопки на число листов в стопке.

**Задача 6.** Найдите плотность деревянного бруска и кусочков металла.

*Минимальный набор оборудования:* мерный сосуд, деревянный брусок, мелкие кусочки металла, сосуд с водой. Плотность воды известна.

Опустим брусок плавать. При этом суммарный объём воды и погружённой в воду части бруска (измеряемый по шкале сосуда) обозначим через  $V_1$ . Будем накладывать на брусок кусочки металла до тех пор, пока его верхняя грань не окажется на одном уровне с поверхностью воды. Новый суммарный объём воды и погруженного в

воду бруска обозначим  $V_2$ . Сбросим теперь кусочки металла с бруска в сосуд. Суммарный объём воды, бруска и кусочков металла обозначим  $V_3$ . Запишем условия равновесия для обеих ситуаций, когда брусок погружен в воду полностью, а кусочки металла находятся на нём и когда кусочки металла сброшены с бруска в воду. Решив эти два уравнения, найдём искомое.

*Задача 7.* Исследуйте зависимость скорости вытекания воды из сосуда от размера отверстий в сосуде.

*Минимальный набор оборудования:* сосуд с водой, консервная банка, в дне которой проделаны отверстия разного диаметра, пластилин, часы, мерный сосуд.

*Рекомендации для учителя:* При достаточно больших размерах отверстия, при которых можно пренебречь вязкостью воды, скорость истекания не зависит от диаметра.

*Задача 8.* Определите, как зависит период колебаний подвешенного за один конец стержня с дополнительным грузом от расстояния между точкой подвеса стержня и точкой закрепления груза.

*Минимальный набор оборудования:* штатив, стержень, дополнительный груз, часы, нить.

*Рекомендации для учителя:* Для проведения эксперимента повесим стержень на штативе так, что бы он мог совершать свободные колебания. Закрепим дополнительный груз на некотором расстоянии от точки подвеса, измерим это расстояние линейкой. Приведём стержень в движение и измерим время, за которое он совершит некоторое количество полных колебаний. Будем повторять измерения при других расстояниях груза от точки подвеса, что позволит получить необходимую зависимость.

*Ответьте на вопросы:*

1. Какие физические задачи относят к экспериментальным?
2. Какие отличительные особенности методики решения экспериментальных задач являются характерными?
3. Сколько измерений должен сделать учащийся?
4. Какие методы определения погрешностей вы знаете?
5. Чем отличается понятие «допустимая погрешность» и «допущенная погрешность»

*Задание*

Решить экспериментальную задачу с предоставлением полного отчета (как должно быть в тетради у ученика).

*Задача:* Определить коэффициент трения деревянной линейки о поверхность стола.

*Оборудование:* две деревянные линейки.

*Указание:* поверхность стола не наклонять.

### 3.1.5 Методика решения задач с техническим содержанием

Многие исследовательские задачи можно решить методом обращения исследовательской задачи (ОИЗ). Суть метода заключается в том, чтобы вопрос «как это объяснить?», заменить на вопрос «как это сделать?». В таком случае исследовательская задача может перейти в изобретательскую.

А для решения изобретательских задач используется инструментарий теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

*Задача 1.* Найти человека, засыпанного лавиной в горах, очень трудно. Придумано много активных приспособлений типа передатчиков, которые падают сигнал о том, где находится засыпанный снегом человек. Но все эти устройства неработоспособны в реальных условиях. Во-первых, мало кто из туристов согласится таскать на себе такой передатчик «на всякий случай». Во-вторых, быстро разряжаются батареи, обеспечивающие его работу, а если на устройстве подачи аварийных сигналов имеется кнопка для включения его в нужный момент, то включить устройство, будучи засыпанным лавиной, обычно невозможно. Как быть?

*Поверхностное противоречие (ПП)* – необходимо минимизировать массу устройства для обнаружения, засыпанного лавиной человека и сделать его работоспособным в течение длительного времени. Уменьшение габаритов передатчика сопровождается сокращением энергоёмкости и длительности работы – это нежелательный эффект.

*Углубленное противоречие (УП)* – снижение массы и габаритов передатчика осуществляется за счёт уменьшения массы источника питания, т.е. за счёт сокращения времени их непрерывной работы.

*Идеальный конечный результат (ИКР)* – передатчик работает без источника питания сколь угодно длительно.

*Обостренное противоречие (ОП)* – источник питания должен быть большим, чтобы обеспечить длительность работы передатчика, и маленьким (нулевым), чтобы не увеличить габариты и массу передатчика. Или – источник питания должен быть и его не должно быть.

*Решение:* Швейцарская фирма «Сулаб» предложила устройство, представляющее собой металлический браслет, который будет выдаваться каждому, кто находится в горах. Браслет представляет собой пассивное приёмное устройство, имеющее антенну из металлической фольги, но лишённое источника энергии и передатчика. Антенна из фольги принимает сигналы спасателей, которые имеют мощный передатчик. Его мощность достаточна, чтобы возбудить в браслете ток, как это делается в детекторных приёмниках.

*Задача 2.* На фармацевтическом заводе возникла проблема по запайке ампул с лекарством. Ампулы с лекарством устанавливают в кассету, в соответствии с рисунком 13. В кассете содержится 25 ампул.

Кассету подают к коллективной горелке. Против каждого язычка пламени оказывается ампула. Язычки пламени в горелке точно отрегулировать невозможно, поэтому их пламя не равномерно. Одни язычки пламени большие, а другие маленькие.

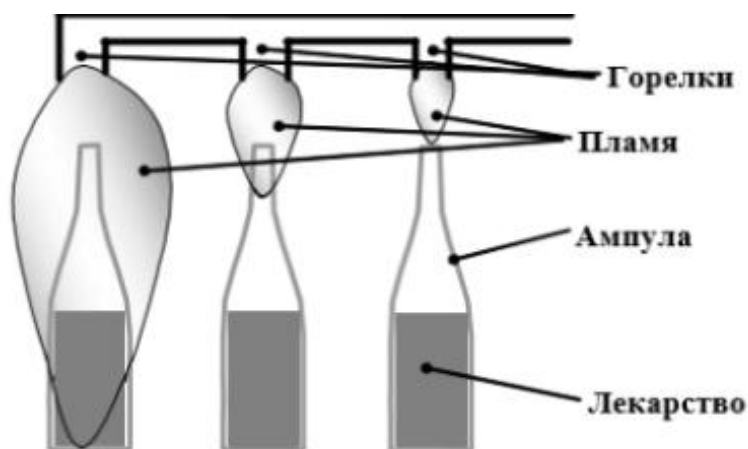


Рисунок 13

Большие язычки пламени хорошо запаивают ампулу, но перегревают (портят) лекарство. Маленькие язычки пламени не портят лекарство, но не запаивают ампулу. Как сделать, чтобы все ампулы были запаяны, но ни одна не испорчена?

*Поверхностное противоречие (ПП)* – нужно ликвидировать порчу лекарства в ампулах.

*Углубленное противоречие 1 (УП)* – если язычок пламени большой, то ампула запаивается, но при этом портится лекарство.

*Углубленное противоречия 2 (УП)* – если язычок маленький, то не портится лекарство, но ампула не запаивается.

*Идеальный конечный результат (ИКР)* – запайка ампул без порчи лекарства.

*Обостренное противоречие (ОП)* – пламя должно быть большим, чтобы обеспечить запайку ампул, и должно быть малым, чтобы не испортить лекарство.

*Решение:*

1) *Разделение противоречивых свойств (ОП) в пространстве.* Пламя должно быть большое в верхней части, и должно быть маленьким в нижней части, в соответствии с рисунком 14.

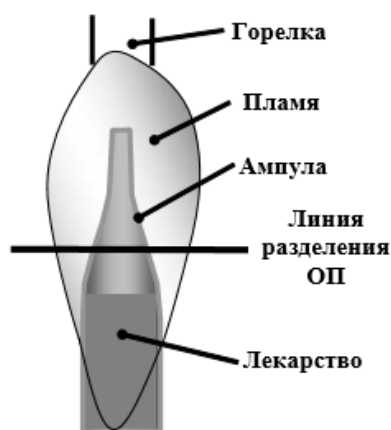


Рисунок 14

2) *Разделение противоречивых свойств (ОП) во времени.* Пламя подаётся импульсами горизонтально.

3) *Разделение противоречивых свойств (ОП) в структуре.* Используем фазовые переходы структуры. Сейчас около ампулы газ, значит, его нужно сделать или твёрдым, или жидким.

Контрольный ответ: мы можем налить воду в кассету, выше уровня лекарства, в соответствии с рисунком 15.

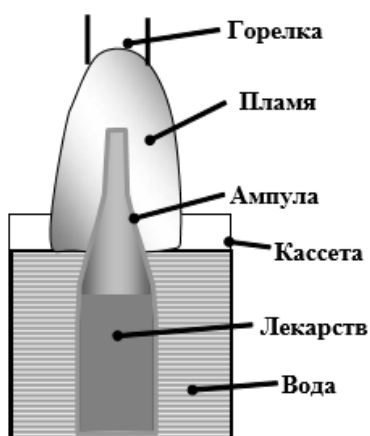


Рисунок 15

**Задача 3.** Колёсные пары железнодорожных вагонов или локомотивов изнашиваются, и время от времени их надо приводить в порядок – обтачивать в строгом соответствии с железнодорожными требованиями. Это делается по традиционной схеме: колёса выкатывают из-под вагонов или тепловозов, ставят на огромные токарные станки и обрабатывают.

Специального оборудования на ремонтных заводах для этого недостаточно. Поэтому многие вагоны и тепловозы простаивают, дожидаясь «своей очереди». Кроме того, тратится много времени и сил для снятия и установки колёс.

Как более производительнее и с меньшей затратой сил обтачивать колёса с имеющимся оборудованием?

*Поверхностное противоречие (ПП)* – обточка колёс требует снятия и последующего установления колёсной пары, на что и тратится много времени, сил и средств.

*Углубленное противоречие (УП)* – если обточку производить на токарном станке, то колёсную пару нужно снимать, но при этом колёса обрабатываются удобно и точно.

Если обточку производить не на токарном станке, то колёсную пару не нужно снимать, но при этом непонятно как обрабатывать колёса и обработка неудобная и неточная.

*Идеальный конечный результат (ИКР)* – обработка удобная и точная и колёса не снимаются. Токарный станок сам обтачивает колесо, не снимая его с транспорта.

Выделим весь токарный станок кроме резца. Можно не рассматривать и передний суппорт (патрон), так как колёса закреплены на транспорте. Значит, выделенная часть – это устройство подачи резца и привод, вращающий деталь (колесо).

*Обостренное противоречие (ОП)* – Токарный станок должен быть большой, чтобы обрабатывать было удобно и точно, и должен быть маленький, чтобы не снимать колеса.

Токарный станок состоит из привода, коробки передач, переднего суппорта (патрона), заднего суппорта, устройства подачи резца, станины. Наиболее громоздкие части: станина, коробка передач, привод патрон.

Чтобы токарный станок был большим, он должен содержать все части, а чтобы был маленький, должен содержать только резец.

*Решение задачи:*

*Разделение противоречивых свойств (ОП) в пространстве* – все большие части токарного станка не должны быть на локомотиве или вагоне, но их функции должны выполняться.

*Разделение противоречивых свойств (ОП) во времени* – обработка колёс должна вестись во времени движения локомотива и вагонов.

*Разделение противоречивых свойств (ОП) в структуре с использованием ресурсов в системе* – колёса закреплены на транспорте, так, что они выполняют функцию переднего суппорта (патрона).

Весь вопрос заключается в приводе. Можно, конечно, установить его на транспорте (вагоне). Да нужно ли это?

Ведь идеальный привод – привода нет, а функция его (вращать колесо) остается. Значит, колёса должны вращаться без специального привода. Функцию привода и коробки передач – вращение колёс – может осуществить тепловоз во время движения. Колёса вращаются в процессе движения транспорта. Очевидно, что резец с системой его



подачи необходимо непосредственно установить на колесе, закрепленном на транспорте.

*Контрольный ответ:* Такое решение предложили работники Ижорского завода. Устройство, предложенное ими, крепится к корпусу тепловоза или вагона и обтачивает бандажи во время движения поезда, на перегонах. Простоя подвижного состава на ремонте колёс не стало.

*Задача 4.* В последние годы участились аварии танкеров, в результате которых происходят большие потери нефти, и огромные поверхности морей загрязняются ею.

Как при аварии избежать утечки жидкого груза из танков?

*Поверхностное противоречие (ПП)* – Нужно не допустить вылив нефти из танкера при аварии.

Вылив нефти значительно уменьшится если сделать большое количество непроницаемых перегородок (каждый отсек сделать очень маленьким).

*Углубленное противоречие (УП)* – если отсеки большие, то легко заливать и выкачивать нефть из танкера, но при этом при аварии много нефти выливается.

Если отсеки маленькие, то трудно заливать и выкачивать нефть из танкера, но при этом при аварии мало нефти выливается.

*Идеальный конечный результат (ИКР)* – танкер простой и лёгкий в обслуживании, а нефть при аварии не выливается.

*Обостренное противоречие (ОП)* – отсеки танкера должны быть большие, чтобы танкер был простой, и должны быть маленькие, чтобы нефть не выливалась.

Малые отсеки должны быть, чтобы удерживать нефть от растекания, и отсеки должны быть большие, чтобы нефть свободно растекалась внутри танкера.

Чтобы нефть не растекалась необходимо воздействие на нефть, и чтобы нефть свободно растекалась внутри танкера, не нужно воздействовать на нефть.

Чтобы было воздействие на нефть, необходимо создавать силы, а чтобы не было воздействия на нефть, не нужно создавать силы.

*Решение:*

*Разделение противоречивых свойств (ОП) в пространстве* – силы должны быть направлены от бортов к продольной оси танкера.

*Разделение противоречивых свойств (ОП) во времени* – силы должны создаваться во время разгерметизации (аварии).

*Разделение противоречивых свойств (ОП) в структуре* – силы должны создаваться за счёт изменения внутренней структуры ёмкости (танка) или за счёт имеющихся ресурсов.

*Контрольный ответ 1:* Внутри танкера может быть капиллярно-пористый материал. Тогда даже при полном разрушении танкера нефть не выльется наружу. Нет смысла в жёстком корпусе. Именно жёсткий корпус танкера «ломается» на высокой волне и разрушается при

столкновении с подводными скалами. Корпус должен быть мягким. В идеале в виде плёнки, мешка.

Для эффективной загрузки и выгрузки необходимо использовать капиллярные эффекты (ультразвуковой капиллярный эффект, электрокапиллярный эффект, термокапиллярный эффект, геометрический капиллярный эффект).

Разделение противоречивых свойств использованием ресурсов – нефть должна удерживаться природными силами. Например, давлением воды.

*Контрольный ответ 2:* Чтобы избежать утечки жидкого груза из трюмов, шведские кораблестроители сконструировали танкер с водяной рубашкой. Сверху донизу вдоль стенок танка свешиваются толстые резиновые или пластмассовые листы. Сначала в танк наливают немного воды, а потом нефть. Под тяжестью нефти вода из донного слоя переливается в пространство между стенкой и резиновой завесой, образуя водяную рубашку. При повреждении корпуса танкера вода не выливается наружу, ее уровень лишь несколько падает – до уровня моря за бортом. Не выливается и нефть.

*Ответьте на вопросы:*

1. Чем отличается изобретательская задача от исследовательской?
2. Обязательно ли изобретательская задача бывает с техническим содержанием?
3. Какое направление задач с техническим содержанием является актуальным в настоящее время?

*Задание*

Разработать, изготовить техническое устройство на основе знаний законов физики и современных технологий обработки материалов.

### **3.2 Графические задачи – как вид исследовательской задачи**

В традиционной классификации задач по физике выделяются графические задачи. Основанием такой классификации является задание условия задачи в виде графика. Это значит, что зависимость между физическими параметрами, характеризующими тот или иной процесс, выражено графически. Решение таких даже простых задач формирует у учащихся навык анализа физического процесса или явления.

Среди графических задач можно выделить задачи, условие которых задаётся также графиком, но поиск решения представляет собой движение к некоторой цели, поиск путей которого практически небольшое исследование. Именно такие задачи мы относим к графическим исследовательским задачам.

Ниже предлагается система графических задач по всем разделам курса физики и возможное их решение. Предлагаемые ниже задачи были предложены и апробированы доцентом кафедры физики КГПИ Новиковым Виктором Николаевичем [31].

При этом необходимо помнить, что графические задачи, как и любые задачи по физике могут иметь несколько решений.

**Задача 1 (7-8 классы). Кирпичный «колодец»**

Экспериментатор Глюк склеил четыре кирпича массой  $m = 3,24$  кг каждый водостойким клеем. В результате у него появился кирпичный «колодец», который он приклеил ко дну стеклянного сосуда прямоугольной формы. Площадь дна сосуда  $S_0 = 540$  см<sup>2</sup>. Затем Глюк начал наливать воду из шланга, опущенного в сосуд между его стенкой и кирпичным «колодцем» (рисунок 16). Вода из шланга вытекала с постоянной скоростью. Глюк исследовал зависимость уровня воды  $h$  в сосуде от времени. График полученной зависимости представлен на рисунке 17, причём время  $t = 0$  соответствует моменту времени начала поступления воды в сосуд. По результатам этого исследования Глюк определил длину  $B$ , ширину  $C$  и толщину  $A$  каждого кирпича, а также плотность материала, из которого сделаны кирпичи. Какие он получил значения перечисленных величин? Массой клея можно пренебречь.

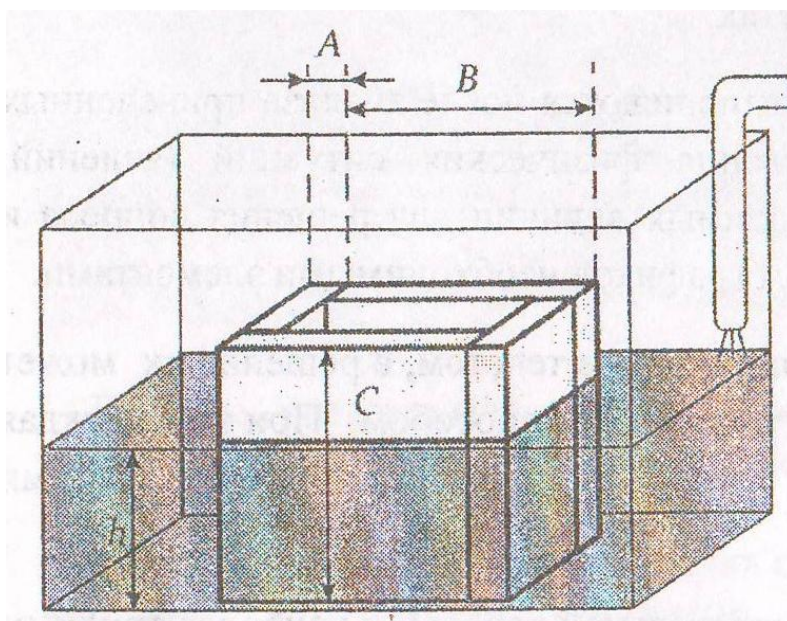


Рисунок 16

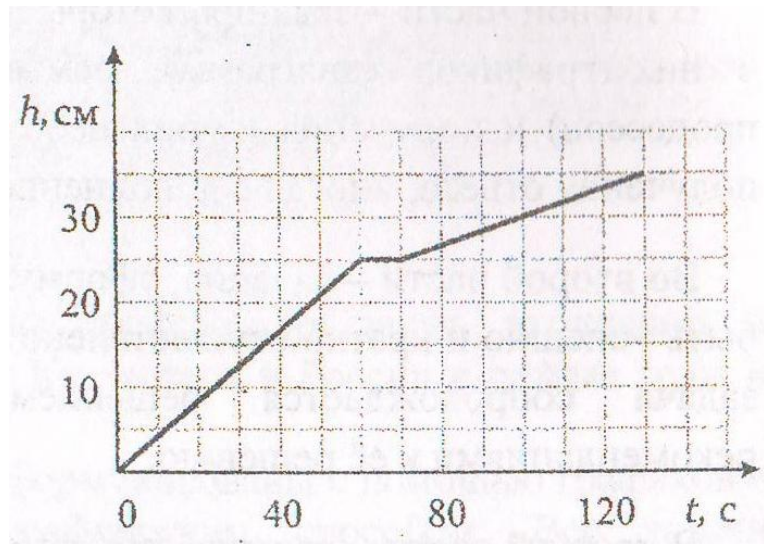


Рисунок 17

*Решение:* Из графика (рисунок 17) видно, что в течение первых 60-ти секунд идёт заполнение части ёмкости сосуда объёмом  $(S_0 - (A + B)^2) \cdot C$ . Для этого процесса верно уравнение:

$$(S_0 - (A + B)^2) \cdot C = 60 \cdot v, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость вытекания воды из шланга в л/с.

Затем в течение 10-ти секунд уровень воды в сосуде остаётся неизменным, т.к. идёт заполнение колодца высотой  $C = 25$  см. Для этого процесса справедливо уравнение:

$$(B - A)^2 \cdot C = 10 \cdot v. \quad (2)$$

После заполнения колодца в течение 60-ти секунд вновь будет заполняться сосуд, уровень воды в котором поднимается на  $35 - 25 = 10$  (см), и тогда

$$10 \cdot S_0 = 60 \cdot v. \quad (3)$$

Из уравнения (3) и того, что  $S_0 = 540$  см<sup>2</sup> (по условию), получаем  $v = 90$  см<sup>3</sup>/с. Теперь, решив совместно уравнения (1) и (2), получим:  $A = 6$  см и  $B = 12$  см.

Объём кирпича  $V = A \cdot B \cdot C = 6 \cdot 12 \cdot 25$  см<sup>3</sup> = 1800 см<sup>3</sup>, а его плотность  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{3,24 \text{ кг}}{0,0018 \text{ м}^3} = 1800 \text{ кг/м}^3$ .

### Задача 2 (7-8 классы). Воздушный шар

Профессор Глюк, стоя на берегу моря, решил запустить воздушный шар объемом  $V = 30$  л. Масса оболочки шара  $m = 0,02$  кг. Глюк наполнил шар гелием при нормальном давлении. Определите высоту подъема шара, если плотность гелия при нормальных условиях  $\rho_{\Gamma} = 0,18$  г/л. Объем шара при подъеме не изменяется. Зависимость плотности воздуха  $\rho_B$  от высоты над уровнем моря представлена на рисунке 18.

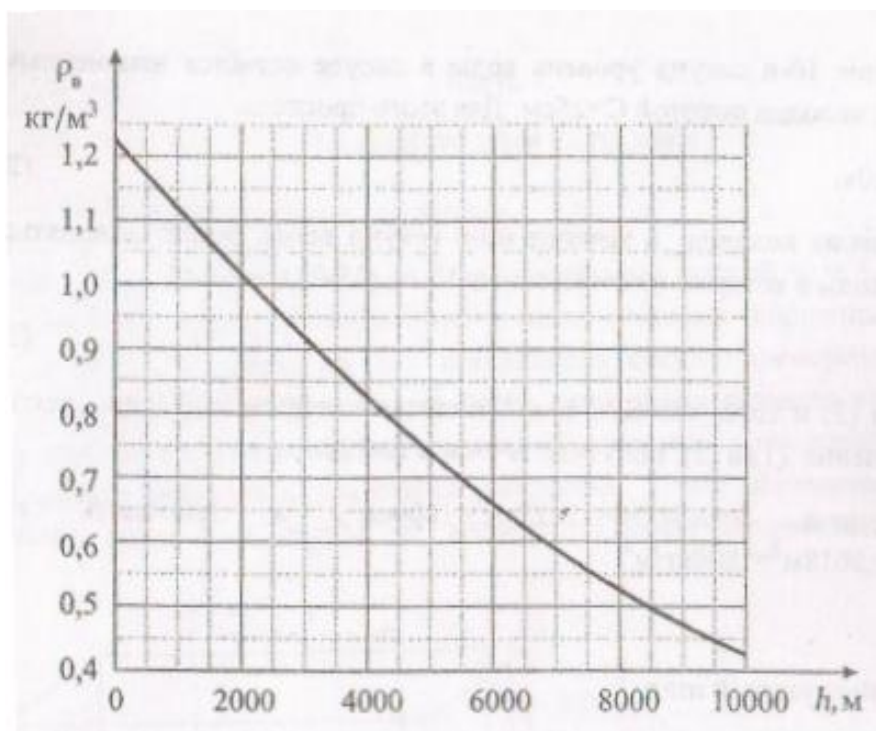


Рисунок 18

**Решение:** Так как плотность воздуха уменьшается с высотой, будет уменьшаться и сила Архимеда. Когда она станет равной сумме сил тяжести, действующих на шар и гелий в нём, подъем шара прекратится:

$$\rho_B V g = m g + \rho_{\Gamma} V g. \quad \text{Тогда} \quad \text{отсюда:}$$

$\rho_B = \rho_{\Gamma} + m/V = 0,85$  г/л =  $0,85$  кг/м<sup>3</sup>. Из графика (рисунок 18) находим, что этой плотности соответствует высота, равная  $h = 3700$  м.

### Задача 3 (7-8 классы). Графики

Экспериментатор Глюк исследовал графики равномерного движения (рисунок 19). У какого тела (1 или 2) скорость больше и во сколько раз?

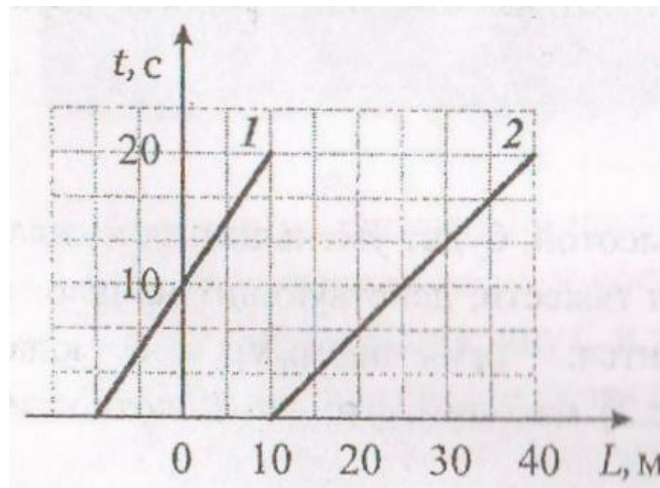


Рисунок 19

**Решение:** Необычность графического представления движений состоит в том, что время отсчитывается вдоль оси ординат, а расстояние – вдоль оси абсцисс (рисунок 19). За время  $t=20$  с первое тело преодолевает расстояние  $L_1 = 10 \text{ м} - (-10 \text{ м}) = 20 \text{ м}$ , а второе –  $L_2 = (40 - 10) \text{ м} = 30 \text{ м}$ . Следовательно, скорость первого тела  $v_1 = L_1/t = 1 \text{ м/с}$ , а второго –  $v_2 = L_2/t = 1,5 \text{ м/с}$ . Отсюда следует, что скорость второго тела в полтора раза больше скорости первого тела.

**Задача 4 (7-9 классы). Колонна автомобилей**

На длинном прямом шоссе автомобили движутся с постоянной скоростью  $v_1$  всюду, за исключением моста, на котором автомобили движутся с другой постоянной скоростью  $v_2$ . На рисунке 20 изображён график зависимости расстояния  $l$  между двумя едущими друг за другом автомобилями от времени  $t$ . Найдите скорости  $v_1$  и  $v_2$ , а также длину моста.

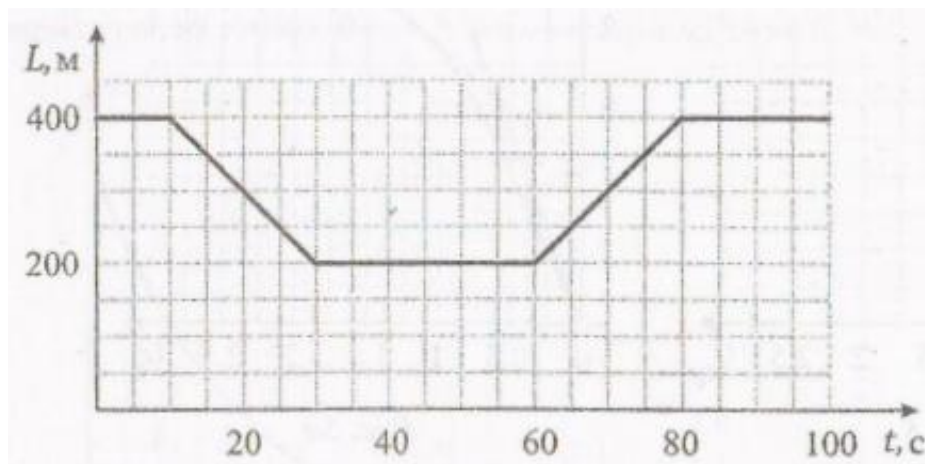


Рисунок 20

*Решение:* Из графика (рисунок 20) видно, что вначале отсчёта времени оба автомобиля находятся на шоссе на расстоянии 400 м друг от друга. В конце десятой секунды первый автомобиль въезжает на мост, и через время  $t_1 = 20$  с расстояние между автомобилями стало 200 м, после чего оно не изменяется в течение  $t_2 = 30$  с. Значит, за время  $t_1 = 20$  с первый автомобиль проехал по мосту 200 м, а второй – по шоссе 400 м. Отсюда следует, что скорости движения автомобилей по шоссе  $v_1 = (400:20) \text{ м/с} = 20 \text{ м/с}$ , а по мосту –  $v_2 = (200:20) \text{ м/с} = 10 \text{ м/с}$ . С конца 60-й секунды расстояние между автомобилями снова изменяется (увеличивается). Значит, первый автомобиль съехал с моста, а второй продолжает двигаться по мосту. Таким образом, первый автомобиль ехал по мосту в течение времени  $t_3 = (60 - 10) \text{ с} = 50 \text{ с}$  со скоростью 10 м/с, а, следовательно, длина моста равна  $L = v_2 \cdot t_3 = 500 \text{ м}$ .

**Задача 5 (9-10 классы). Несвободное падение тела**

На рисунке 21 приведён график зависимости скорости падающего на землю тела массой  $m = 1 \text{ кг}$  от времени в единицах  $t_0$ . Определите: 1) промежуток времени  $t_0$ ; 2) чему равна сила сопротивления воздуха  $F(v)$ , действующая на тело, движущееся со скоростью а)  $v = 10 \text{ м/с}$ ; б)  $v = 8 \text{ м/с}$ .

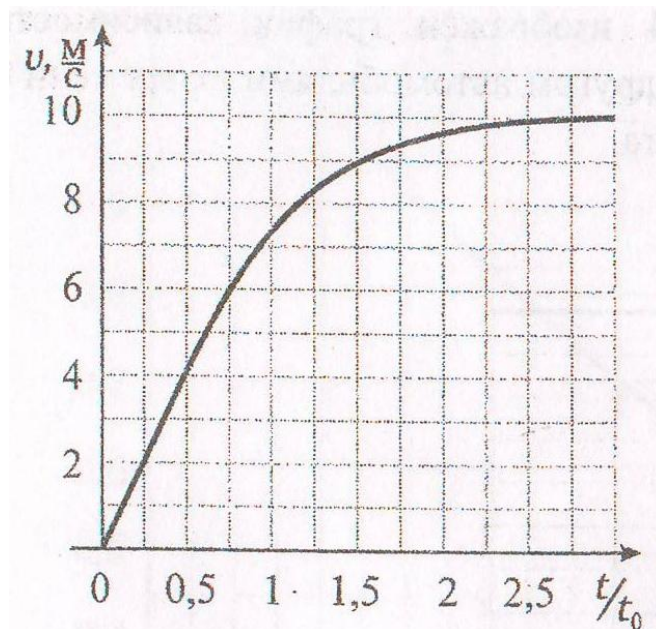


Рисунок 21

*Решение:* Проведём касательную к линии графика (рисунок 22) в точке начала координат.

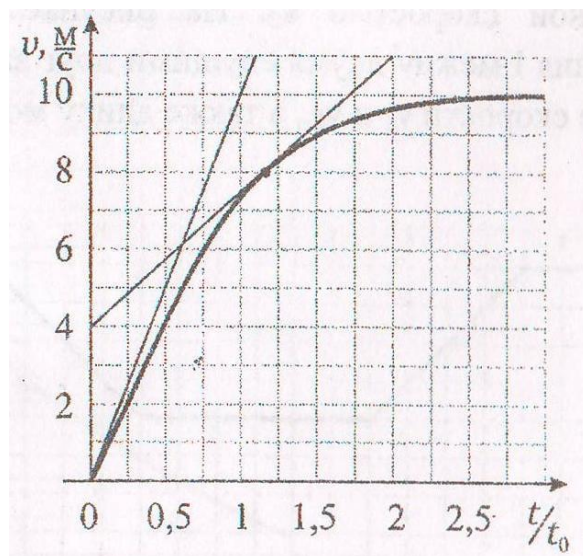


Рисунок 22

Тангенс угла её наклона к оси времени равен ускорению движения тела в данный момент времени. Так как в начальный момент времени  $v_0 = 0$ , то сила сопротивления движению равна нулю, а сила тяжести сообщает телу ускорение, равное ускорению свободного падения  $g$ , а это значит, что  $a = \Delta v / \Delta t = g$ . Из графика следует, что интервалу скорости  $\Delta v = 10 \text{ м/с}$  соответствует промежуток времени  $\Delta t = t_0$ . Приняв  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , получим  $t_0 = 1 \text{ с}$ .

При  $v = 10 \text{ м/с}$  касательная к линии графика параллельна оси времени. Следовательно, в момент времени, когда скорость равна  $10 \text{ м/с}$ , ускорение равно нулю. Это возможно при условии, когда сила тяжести, действующая на тело, уравновешивается силой сопротивления воздуха:  $F = m \cdot g = 10 \text{ Н}$ .

Чтобы определить силу сопротивления при скорости  $v = 8 \text{ м/с}$ , проведём касательную к линии графика в точке, соответствующей этой скорости и определим ускорение: здесь промежутку времени  $\Delta t = 2t_0 = 2 \text{ с}$  соответствует интервал скорости  $\Delta v = (11 - 4) \text{ м/с} = 7 \text{ м/с}$ . Значит, ускорение равно  $a = 3,5 \text{ м/с}^2$ . Тогда равнодействующая сил тяжести и сопротивления равна  $3,5 \text{ Н}$  и тогда  $F_{\text{СОПР}} = m \cdot g - m \cdot a = 10 \text{ Н} - 3,5 \text{ Н} = 6,5 \text{ Н}$ .

#### Задача 6 (9-10 классы). Старый график

В архивах экспериментатора Глюка нашли график (рисунок 23) изменения со временем проекции на вертикальную ось скорости шарика, который был выпущен из пневматического пистолета



вертикально вверх с балкона 17 этажа. Масштаб по оси скорости от времени выцвел, а на оси времени частично сохранился.

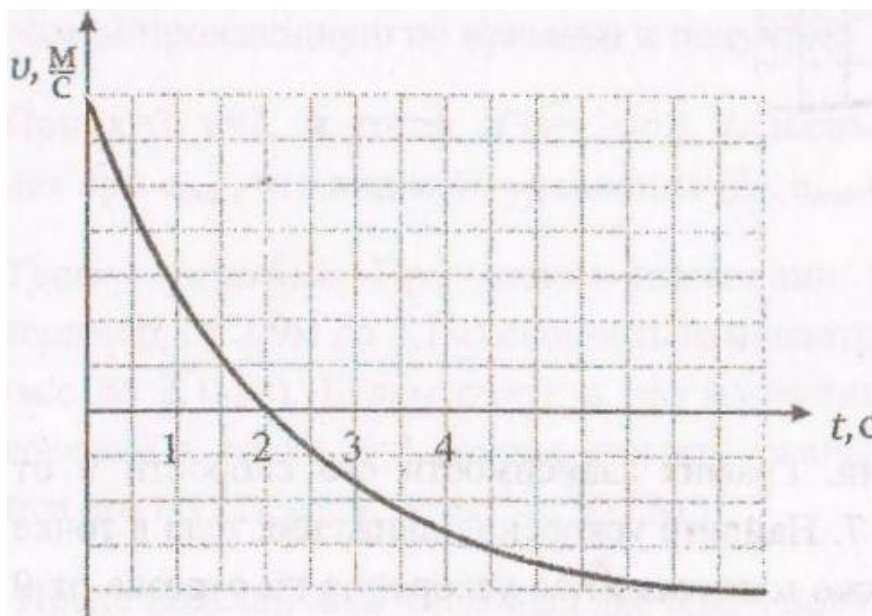


Рисунок 23

Определите начальную скорость шарика и скорость, с которой шарик упал на землю. Ветра в день эксперимента не было.

*Решение:* Проведём касательную к кривой (рисунок 24) в точке с координатами (2;0).

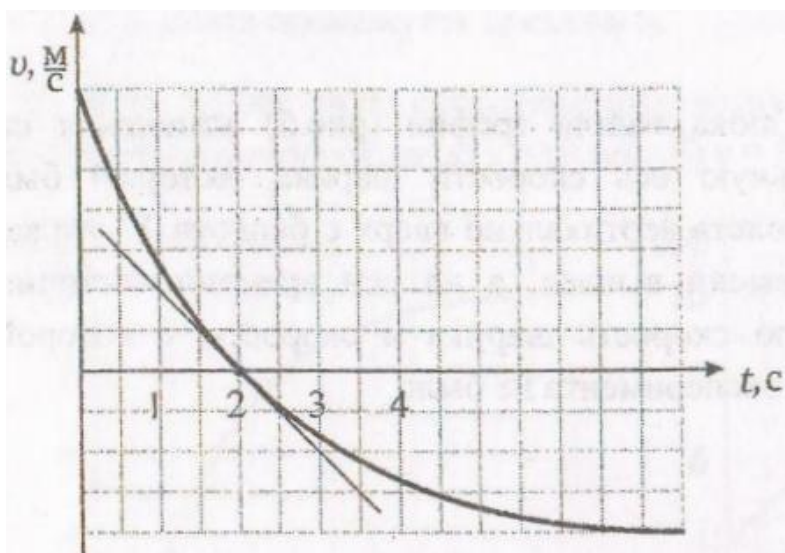


Рисунок 24

Тангенс угла наклона касательной к оси времени (т.е. её угловой коэффициент) есть ускорение движения мяча через две секунды от

начала движения. Так как в этой точке  $v=0$ , то и  $F_{\text{сопр}} = k \cdot v = 0$ , и тогда  $a = g$ . Если цену деления по оси  $v$  (масштаб скорости) обозначить  $x$ , то модуль ускорения  $a = g = (2 \cdot x)/1 \text{ с}$ , откуда  $x = 5 \text{ м/с}$ . Значит,  $v_0 = 7 \cdot x = 35 \text{ м/с}$ , а в точке падения  $v = -4 \cdot x = -29 \text{ м/с}$ .

**Задача 7 (9-11 классы). Ускорение в точке**

Тело движется по прямой линии. График зависимости скорости  $v$  от координаты приведён на рисунке 25. Найдите: 1) ускорение движения тела в точке с координатой  $x = 3 \text{ м}$ ; 2) максимальное ускорение тела на отрезке от 0 до 5 м.

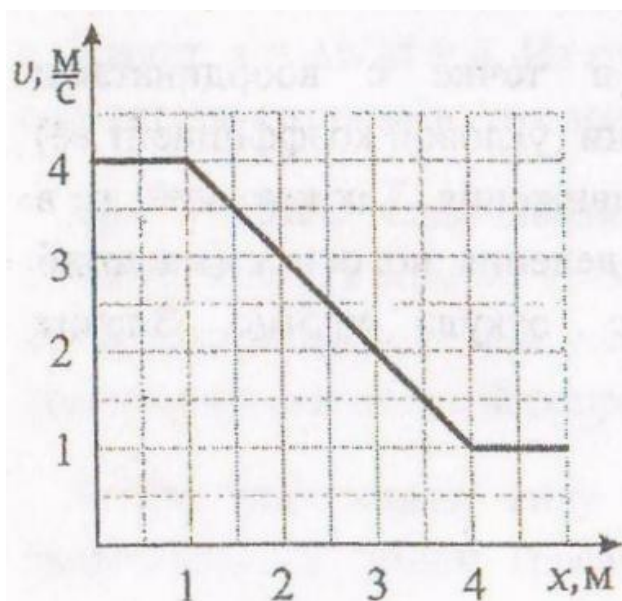


Рисунок 25

*Решение:* Можно привести несколько решений этой задачи. По графику (рисунок 25) видно, что в интервалах (0;1) и (4;5) ускорение равно нулю.

*Первое решение*

Модуль углового коэффициента отрезка в интервале (1;4) на всём его протяжении одинаков и равен  $\Delta v/\Delta x$ . Это изменение скорости на единице длины пути. Точку с координатой  $x = 3 \text{ м}$  тело проходит со скоростью  $v$  и за малый промежуток времени  $\tau$  пройдёт расстояние, равное  $v \cdot \tau$ . На этом расстоянии его скорость изменится на величину  $(\Delta v/\Delta x) \cdot v \cdot \tau$ . Ускорение, с которым тело проходит точку с координатой  $x = 3 \text{ м}$ :

$$a = ((\Delta v/\Delta x) \cdot v \cdot \tau) : \tau = (\Delta v/\Delta x) \cdot v. \quad (1)$$

Значению  $\Delta v = (1 - 4) \text{ м/с}$  соответствует  $\Delta x = (4 - 1) \text{ м}$ . В точке  $x = 3 \text{ м}$  скорость равна  $v = 2 \text{ м/с}$ , а значит ускорение в этой точке  $a = -2 \text{ м/с}^2$ .

Максимальным (по модулю) ускорение будет в той точке, в которой скорость тела будет наибольшей – это видно из формулы (1):  $a_{\text{MAX}} = a(4) = -4 \text{ м/с}^2$ .

#### *Второе решение*

Общее уравнение прямой имеет вид  $v = ax + b$ . Найдём коэффициенты по граничным условиям:  $4 = a \cdot 1 + b$  и  $1 = a \cdot 4 + b$ . Из этих уравнений получим:  $a = -1$ ,  $b = 5$ . Тогда уравнение заданного отрезка прямой:  $v = -x + 5$ . Возьмём производную  $v$  по времени:

$$a = -v. \quad (2)$$

При  $x = 3 \Rightarrow v = 2$  и тогда  $a(3) = -2 \text{ м/с}^2$ . Максимальным (по модулю) ускорение будет при  $v_{\text{MAX}}$  что видно из уравнения (2):  $a_{\text{MAX}} = -v_{\text{MAX}} = -4 \text{ м/с}^2$  (при  $x = 1 \text{ м}$ ).

#### *Третье решение*

При малом изменении координаты  $\Delta x$  в районе  $x = 3 \text{ м}$  (например, от  $2,9 \text{ м}$  до  $3,1 \text{ м}$ ) скорость изменяется тоже на малую величину  $\Delta v$  (от  $1,9 \text{ м/с}$  до  $2,1 \text{ м/с}$ ). Будем считать изменение скорости равномерным. Тогда ускорение в точке  $x = 3$  можно считать равным среднему ускорению на  $\Delta x$  и найти его по формуле:

$$a = (v_2^2 - v_1^2) / (2\Delta x). \quad (3)$$

После подстановки числовых значений, получим  $a = -2 \text{ м/с}^2$ .

Можно найти в этом интервале скоростей среднее значение скорости:

$$v_{\text{CP}} = (v_1 + v_2) / 2, \quad (4)$$

время движения:

$$t = \Delta x / v_{\text{CP}}, \quad (5)$$

и затем ускорение:

$$a = \Delta v / t, \quad (6)$$

Совместное решение уравнений (4), (5) и (6) даёт уравнение (3), и в итоге получим  $a = -2 \text{ м/с}^2$ .

В районе координаты  $x=1\text{ м}$  средняя скорость движения больше, чем в районе координаты  $x=4\text{ м}$ , поэтому на прохождение одного и того же расстояния времени потребуется меньше в районе координаты  $x=1\text{ м}$ , значит, ускорение здесь будет больше. Определим его значение. Продолжим вверх линию графика и в районе координаты  $x=1\text{ м}$  возьмём её изменение на  $0,2\text{ м}$ , которому будет соответствовать изменение скорости от  $4,1\text{ м/с}$  до  $3,9\text{ м/с}$ . По формуле (3) найдём ускорение  $a=-2\text{ м/с}^2$ , что совпадает с найденными значениями в первых двух решениях.

**Задача 8 (10-11 классы). Крокетный шар**

Ударяемый молотком крокетный шар массой  $0,50\text{ кг}$  приобретает импульс, определяемый по графику рисунка 26. Чему равна скорость шара немедленно после обращения приложенной к нему силы в ноль?

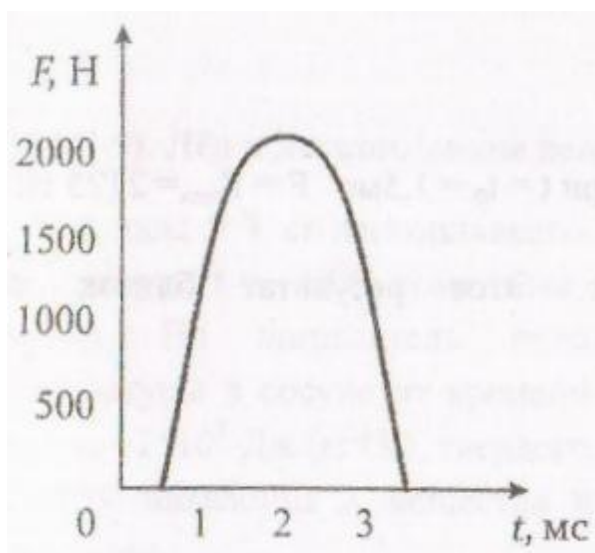


Рисунок 26

**Решение:** Шар приобретает импульс, равный импульсу силы, с которой на него действует молоток:  $m \cdot v = F \cdot \Delta t$ . Дополним рисунок 26 координатной сеткой (рисунок 27) и определим значение импульса силы  $F \cdot \Delta t$  путём численного интегрирования. Это значение равно:  $35 \cdot (250\text{ Н} \cdot 0,5\text{ мс}) \approx 4,4\text{ Н} \cdot \text{с}$ . Значит,  $v = 8,8\text{ м/с}$ .

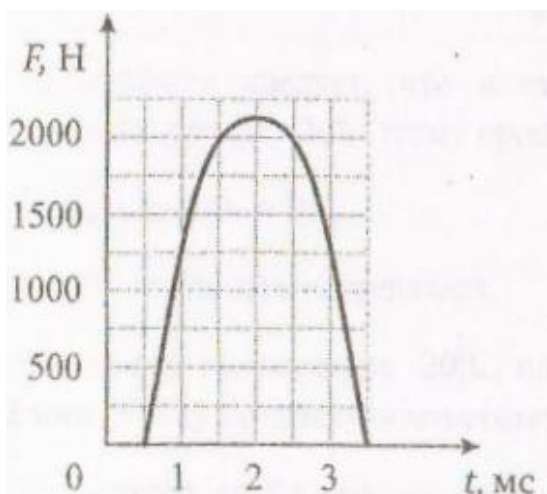


Рисунок 27

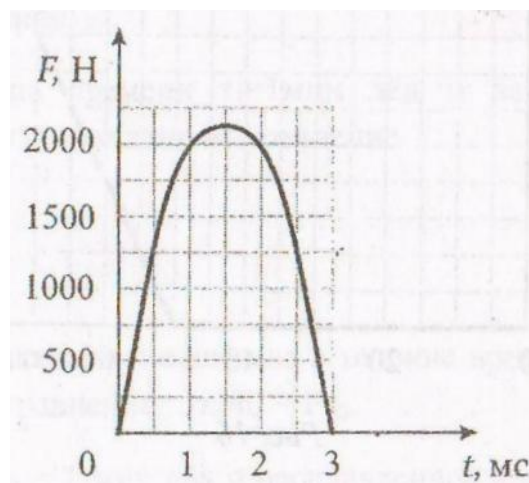


Рисунок 28

Заметим, что, если бы в условии было сказано, что кривая представляет собой часть параболы, то можно было бы точнее определить значение импульса силы путём интегрирования функции  $F(t)$ . Для этого сначала сместим график влево на  $0,5 \text{ мс}$  (рисунок 28), чтобы поменять пределы интегрирования на удобные при вычислении. В данной ситуации уравнение параболы таково:  $F(t) = k(t-0) \cdot (t-3) = k \cdot t(t-3)$ . Тогда

$$mv = \int_0^3 kt(t-3)dt = k \int_0^3 (t^2 - 3t)dt = k \left( \frac{t^3}{3} - 3 \frac{t^2}{2} \right) \Big|_0^3 = 4,5k.$$

Коэффициент  $k$  определим из условия, что при  $t = t_0 = 1,5 \text{ мс}$   $F = F_{max} = 2125 \text{ Н}$ :

$$k = \frac{F_{max}}{t_0(t_0-3)}. \quad v = \frac{4,5F_{max}}{mt_0(t_0-3)}. \quad v = 8,5 \text{ м/с.}$$

Этот результат близок к предыдущему.

#### Задача 9 (11 класс). Газ в двух процессах

Один моль идеального одноатомного газа последовательно участвует в двух процессах: 1–2 и 2–3 (рисунок 29). В первом из них давление  $p$  пропорционально температуре  $T$ , а во втором давление  $p$  пропорционально  $\sqrt{T}$ . Определите теплоёмкость газа в каждом из двух процессов.

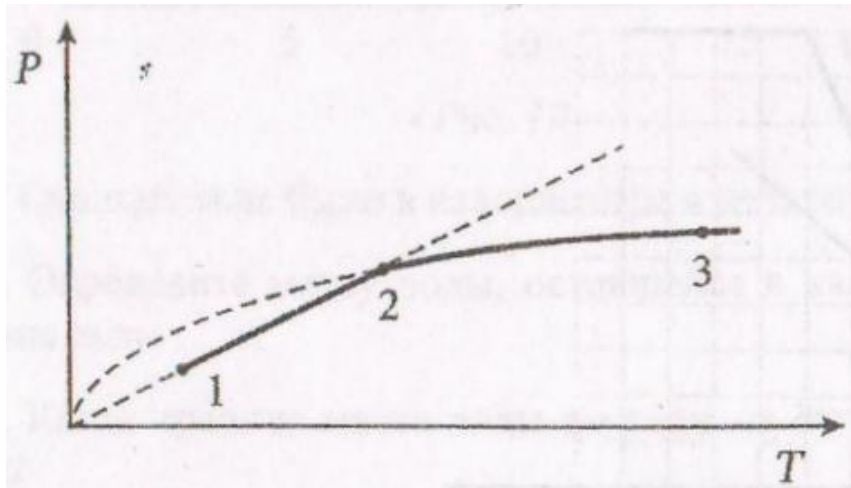


Рисунок 29

*Решение:* Из рисунка 29 видно, что процесс 1–2 является изохорическим, и поэтому первое начало термодинамики  $\Delta U_{1-2} = (3/2)\nu R\Delta T$ . Следовательно,  $C_{1-2} = (3/2)R$ .

Процесс 2–3 представлен фрагментом параболы, вершина которой проходит через начало координат. Значит,

$$p = k\sqrt{T}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности. Для этого процесса первое начало термодинамики  $Q = \Delta U_{2-3} + A$ , где работа:

$$A = \int p \cdot dV. \quad (2)$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона следует, что  $V = (\nu RT)/p$ . С учётом (1) получим:

$$V = \frac{\nu RT}{k\sqrt{T}} = \frac{\nu R}{k}\sqrt{T}.$$

Продифференцируем это уравнение и получим:

$$dV = \frac{\nu R}{2k\sqrt{T}} dT. \quad (3)$$

После подстановки (1) и (3) в (2) и преобразований будем иметь:

$$A' = \int_{T_2}^{T_3} \nu R dT = \nu R(T_3 - T_2).$$

Теперь для теплоёмкости в процессе 2–3 получим:

$$C_{2-3} = \frac{\Delta U_{2-3} + A'}{\nu \Delta T} = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R.$$

**Задача 10 (10-11 классы). Процесс с идеальным газом**

Идеальный газ в количестве  $\nu$  молей участвует в процессе АВ, изображённом на рисунке 30 в координатах  $(\rho, T)$ , где  $\rho$  – плотность газа, а  $T$  – его температура. При каких условиях (при какой температуре) давление газа в этом процессе на 25 % меньше максимального? Температура  $T_0$  известна.

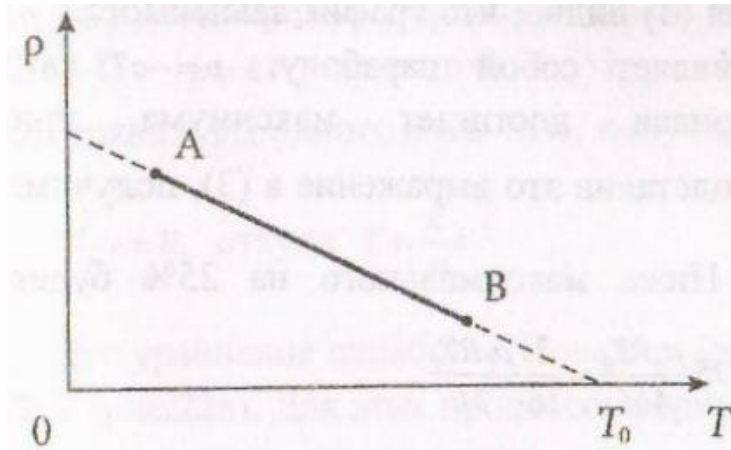


Рисунок 30

**Решение:** Запишем уравнение зависимости плотности газа от температуры (согласно рисунку 30):

$$\rho = \alpha T + \beta. \quad (1)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты, которые определим из граничных условий:

$0 = \alpha T_0 + \beta$  и  $\rho_0 = \alpha \cdot 0 + \beta$ . Откуда имеем:  $\alpha = -\frac{\rho_0}{T_0}$ ,  $\beta = \rho_0$ . Подставив

эти выражения в (1) и преобразовав, получим:

$$\rho = \rho_0 \left( 1 - \frac{T}{T_0} \right). \quad (2)$$

Из уравнения состояния газа следует:  $p = \rho \frac{RT}{M}$ . А после подстановки (2) в это уравнение, получим:

$$\rho = \frac{\rho_0 R}{M} T \left( 1 - \frac{T}{T_0} \right) = \frac{\rho_0 R}{M T_0} T^2 + \frac{\rho_0 R}{M} T. \quad (3)$$

Из уравнения (3) видно, что график зависимости  $p$  от  $T$  представляет собой параболу:  $p = -aT^2 + bT$  (рисунок 31).

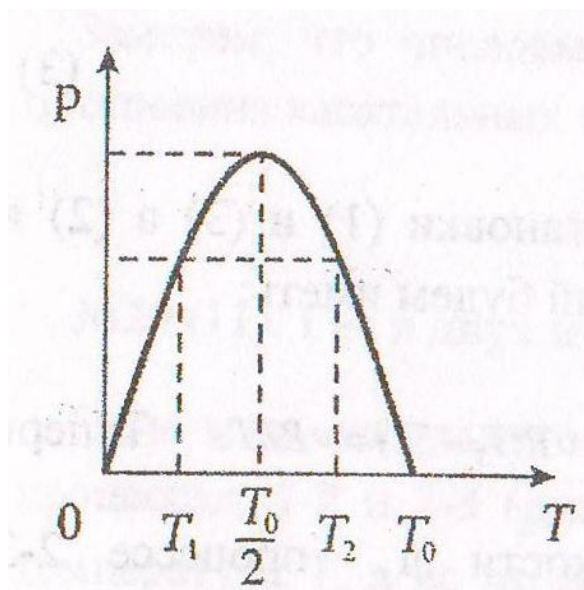


Рисунок 31

Кривая достигает максимума при  $T = -\frac{b}{2a} = \frac{T_0}{2}$ . Подставив это в выражение в (3), получим:  $p_{MAX} = \frac{\rho_0 RT_0}{4M}$ . Ниже максимального на 25 % будет давление:

$$p = 0,75 \frac{\rho_0 RT_0}{4M} = \frac{3}{16} \frac{\rho_0 RT_0}{M}.$$

Чтобы найти температуру, при которой будет такое давление, подставим это в выражение (3). Получим квадратное уравнение относительно  $T$ , решение которого даст значения:  $T_1 = \frac{T_0}{4}$  и  $T_2 = \frac{3T_0}{4}$ .

**Задача 11 (10-11 классы). Моль газа в круговом процессе**

Один моль газа участвует в процессе, график которого изображён на  $(p, V)$  диаграмме (рисунок 32). Участки 1–2 и 3–4 графика – отрезки прямых, продолжения которых проходят через начало координат, а кривые 1–4 и 2–3 – изотермы.



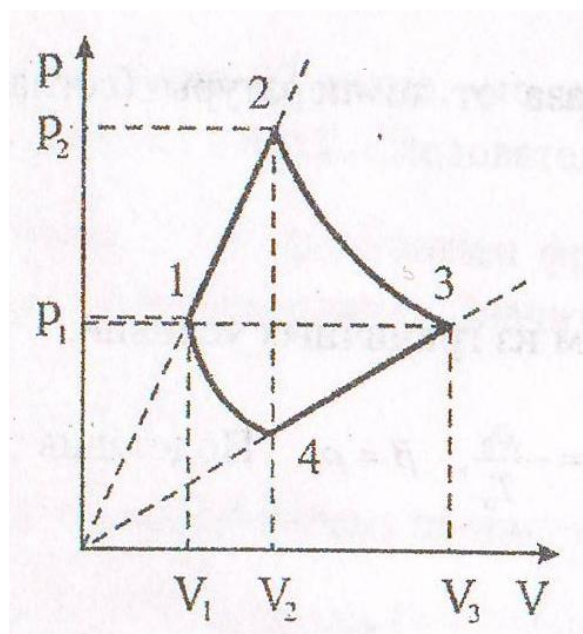


Рисунок 32.

Нарисуйте график этого кругового процесса на  $(T, V)$  диаграмме. Найдите объём  $V_3$ , если известны объёмы  $V_1$  и  $V_2 = V_4$ .

*Решение:* Из  $(p, V)$  диаграммы, представленной на рисунке 22, видно, что в процессах 1–2 и 3–4 давление зависит от объёма как  $p = kV$ , при этом  $k_{1-2} > k_{3-4}$ . Подставив это выражение в уравнение состояния для одного моля газа, получим:

$$\frac{kV^2}{T} = R,$$

откуда

$$T = \frac{k}{R} V^2.$$

Это уравнение параболы. Покажем фрагменты 1–2 и 3–4 парабол на диаграмме  $(T, V)$  на рисунке 33:

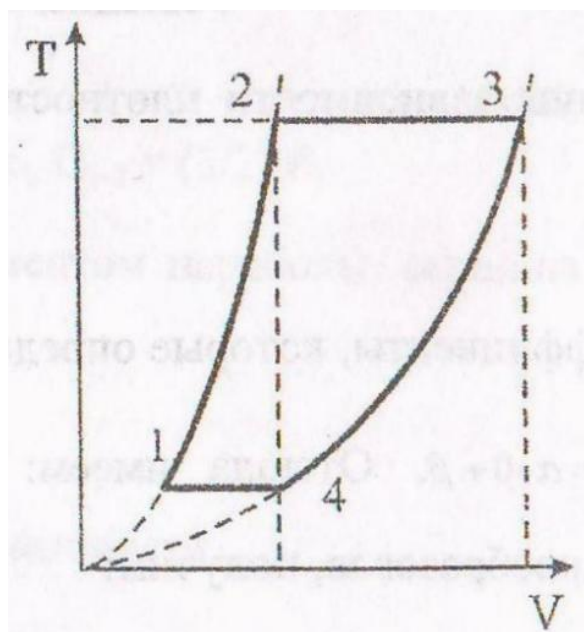


Рисунок 33

Для этих процессов верны равенства:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad (1)$$

и

$$\frac{p_3}{p_4} = \frac{V_3}{V_4} = \frac{V_3}{V_2}. \quad (2)$$

Так как процессы 2–3 и 4–1 – изотермические, то линии их графиков перпендикулярны оси  $T$ . Для них верны равенства:

$$p_2 V_2 = p_3 V_3. \quad (3)$$

и

$$p_1 V_1 = p_4 V_4 = p_4 V_2. \quad (4)$$

Разделив (3) на (4) и используя равенства (1) и (2), получим:

$$\frac{V_2^2}{V_1^2} = \frac{V_3^2}{V_2^2} \Rightarrow V_3 = \frac{V_2^2}{V_1}.$$

**Задача 12** (10-11 классы). *Работа газа в процессе*

С идеальным газом в количестве  $\nu$  молей совершается процесс 1–2–3 (рисунок 34):

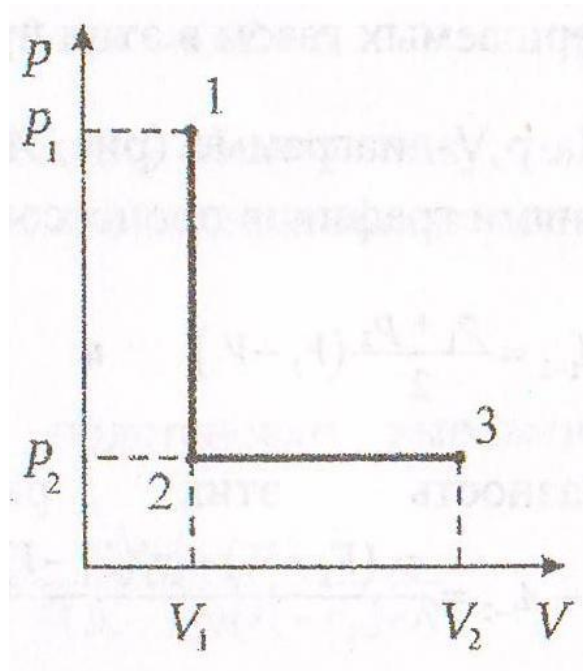


Рисунок 34

В процессе 1–2 давление уменьшается в  $n$  раз. Температуры в состояниях 1 и 3 одинаковы и равны  $T$ . Вычислите работу, совершённую газом в этом процессе.

*Решение:* Газ совершает работу только в процессе 2–3:

$$A_{2-3} = p_2 (V_2 - V_1) = \nu R (T_3 - T_2) = \nu R (T - T_2).$$

При изохорном процессе 1–2 работа не совершается и справедливы равенства:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{T}{T_2} = n,$$

откуда

$$T_2 = \frac{T}{n}.$$

Тогда уравнение для работы:

$$A_{2-3} = \nu R \left( T - \frac{T}{n} \right) = \frac{\nu RT (n-1)}{n}.$$

**Задача 13 (10-11классы).** Работа в замкнутом цикле

Определите работу, которую совершает идеальный газ в замкнутом цикле 1–4–3–2–1 (рисунок 35), если  $p_1 = 10^5 \text{ Па}$ ,  $p_2 = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ,  $p_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ,  $V_1 - V_1 = 10 \text{ л}$ .

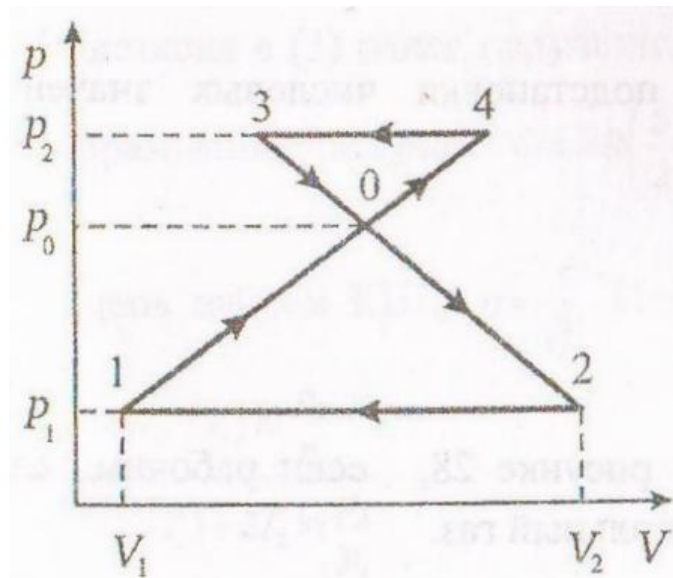


Рисунок 35

*Решение:* Работа газа в этом замкнутом цикле равна сумме работ в циклах 1-0-2-1 и 0-4-3-0. Работа в каждом из этих циклов определяется площадью треугольника, причём работа  $A_1$  в цикле 1-0-2-1 положительная, так как расширение газа происходит при более высоких давлениях, чем сжатие, а в цикле 0-4-3-0 работа  $A_2$  отрицательная, так как здесь напротив, расширение происходит при более низких давлениях, чем сжатие. Таким образом,

$$A = A_1 - A_2, \quad (1)$$

$$A_1 = \frac{p_0 - p_1}{2} (V_2 - V_1), \quad (2)$$

$$A_2 = \frac{p_2 - p_0}{2} (V_4 - V_3). \quad (3)$$

Из подобия треугольников следует:

$$\frac{V_4 - V_3}{V_2 - V_1} = \frac{p_2 - p_1}{p_0 - p_1},$$

откуда

$$V_4 - V_3 = (V_2 - V_1) \frac{p_2 - p_0}{p_0 - p_1}.$$

Подставим это выражение в (3) и сделаем преобразования:

$$A_1 = \frac{(p_2 - p_0)^2}{2(p_0 - p_1)} (V_2 - V_1). \quad (4)$$

Подставив (2) и (4) в (1), и выполнив преобразования, получим:

$$A = \frac{V_2 - V_1}{2} \cdot \frac{(p_0 - p_1)^2 - (p_2 - p_0)^2}{p_0 - p_1}.$$

И после подстановки числовых значений:  $A = 750$  Дж.

**Задача 14** (10-11 классы). *КПД цикла*

Найдите КПД цикла, изображённого на рисунке 36, если рабочим телом тепловой машины является одноатомный идеальный газ.

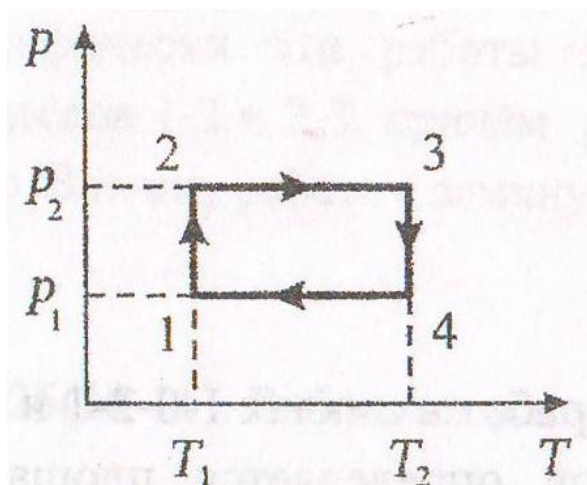


Рисунок 36

*Решение:* Решение будет проще, если изобразить цикл в координатах  $(p, V)$  (рисунок 37):

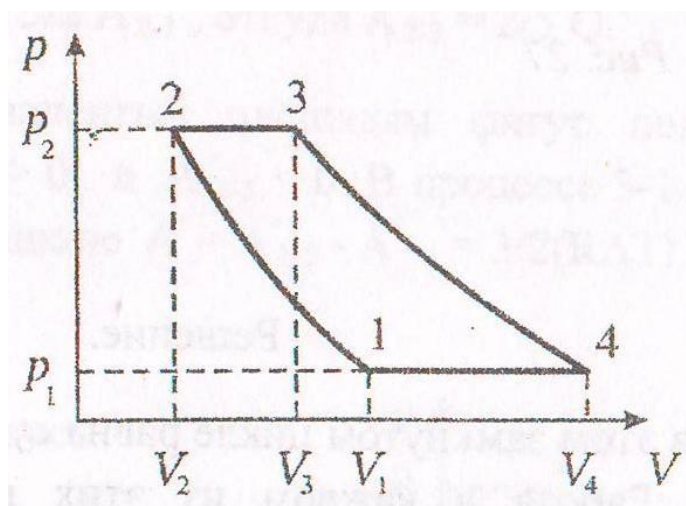


Рисунок 37

В изобарном процессе 2–3 и изотермическом 3–4 (при температуре  $T_2$ ) газ совершает положительную работу, а в изобарном

4–1 и изотермическом 1–2 (при температуре  $T_1$ ) – отрицательную. Вся работа:

$$A = p_2(V_3 - V_2) + \nu RT_2 \cdot \ln \frac{V_4}{V_3} + p_1(V_1 - V_4) + \nu RT_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}. \quad (1)$$

Из изотермических и изобарных процессов имеем:

$$\frac{V_4}{V_3} = \frac{p_3}{p_4} = \frac{p_2}{p_1} \quad \text{и} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2},$$

а из уравнений состояний газа:

$$V_1 = \frac{\nu RT_1}{p_1}, \quad V_2 = \frac{\nu RT_1}{p_2}, \quad V_3 = \frac{\nu RT_2}{p_2}, \quad V_4 = \frac{\nu RT_2}{p_1}.$$

Подставив эти выражения в (1) и, выполнив преобразования, получим:

$$A = \nu R (T_2 - T_1) \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}. \quad (2)$$

Чтобы совершить работу, газ должен получить от нагревателя количество теплоты:

$$\begin{aligned} Q &= Q_{2-3} + Q_{3-4} = A_{2-3} + \Delta U_{2-3} + A_{3-4} = p_2(V_3 - V_2) = \\ &= \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \nu RT_2 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1} \end{aligned} \quad (3)$$

Подставив (3) в ранее полученные выражения для объёмов  $V_2$  и  $V_3$ , и сделав преобразования, получим:

$$Q = \nu R \left( \frac{5}{2} (T_2 - T_1) + T_2 \ln \frac{p_2}{p_1} \right). \quad (4)$$

Теперь найдём КПД, используя известную формулу:  $\eta = \frac{A}{Q}$ . После подстановки (2) и (4) и преобразований, получаем:

$$\eta = \frac{2(T_2 - T_1) \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}}{5(T_2 - T_1) + 2T_2 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}}.$$

**Задача 15 (10-11 классы). КПД двух циклов**

Цикл А состоит из линейного участка 1–2, адиабаты 2–3 и изотермы 3–1. Цикл В состоит из адиабаты 1–4 и участка 2–1 (рисунок 38):

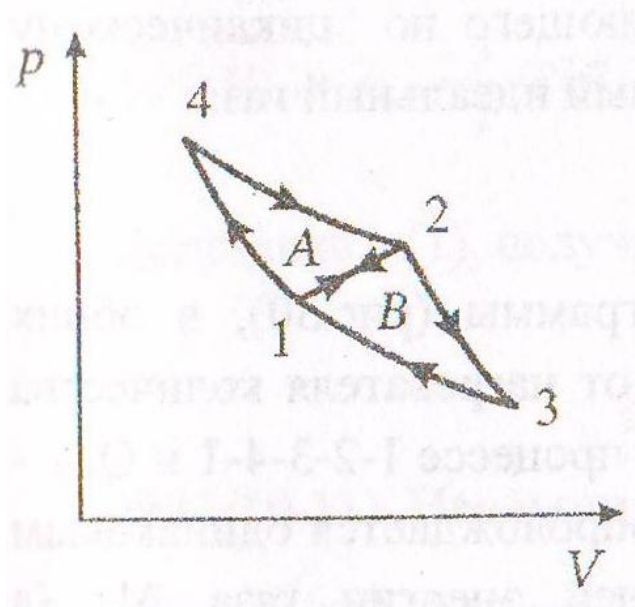


Рисунок 38

Известно, что КПД циклов А и В одинаковы, а минимальная температура в каждом из циклов составляет 25 % от максимальной. Найдите КПД этих циклов.

*Решение:* Коэффициент полезного действия определяется по формулам:  $\eta = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$  и  $\eta = 1 - \frac{T_X}{T_H}$ , где  $Q_H$  и  $Q_X$  – количества теплоты, взятое от нагревателя и отданное холодильнику при температурах  $T_H$  и  $T_X$ .

В цикле А:  $Q_X = Q_{3-1}$  и происходило изотермически при температуре  $T_X = T_3 = 0,25T_2$ ;  $Q_H = Q_{1-2}$ . Передача тепла от нагревателя происходила при изменении температуры от минимальной  $T_3 = T_1$  до максимальной  $T_2$ ; КПД цикла

$$\eta_1 = 1 - \frac{Q_{3-1}}{Q_{1-2}}. \quad (1)$$

В цикле В:  $Q_X = Q_{2-1}$ , а  $Q_H = Q_{4-2}$  и происходило изотермически при температуре  $T_H = T_2 = T_4$ ; КПД этого цикла

$$\eta_2 = 1 - \frac{Q_{2-1}}{Q_{4-2}}. \quad (2)$$

По условию  $\eta = \eta_A = \eta_B$ . Тогда:

$$\eta_A - 1 = \eta_B - 1 = \eta - 1.$$

И можно с учётом (1) и (2) получить следующее выражение:

$$(\eta - 1)^2 = \left( -\frac{Q_{3-1}}{Q_{1-2}} \right) \cdot \left( -\frac{Q_{2-1}}{Q_{4-2}} \right) = \frac{Q_{3-1}}{Q_{4-2}}.$$

Заменив отношение  $\frac{Q_{3-1}}{Q_{4-2}}$  на  $\frac{T_X}{T_H} = \frac{T_3}{T_2} = 0,25$ , получим:  $(\eta - 1)^2 = 0,25$ .

Решив это уравнение, получим два корня – значения КПД:  $\eta_1 = 0,5$  и  $\eta_2 = 1,5$ ; второй корень не удовлетворяет условию задачи.

**Задача 16** (10-11 классы). *КПД двигателя*

Известно, что КПД двигателя, работающего по циклическому процессу 1–2–3–4–1 (рисунок 39), равен  $\eta$ . Найти КПД двигателя, работающего по циклическому процессу 1–3–4–1. Рабочее тело двигателя – одноатомный идеальный газ.

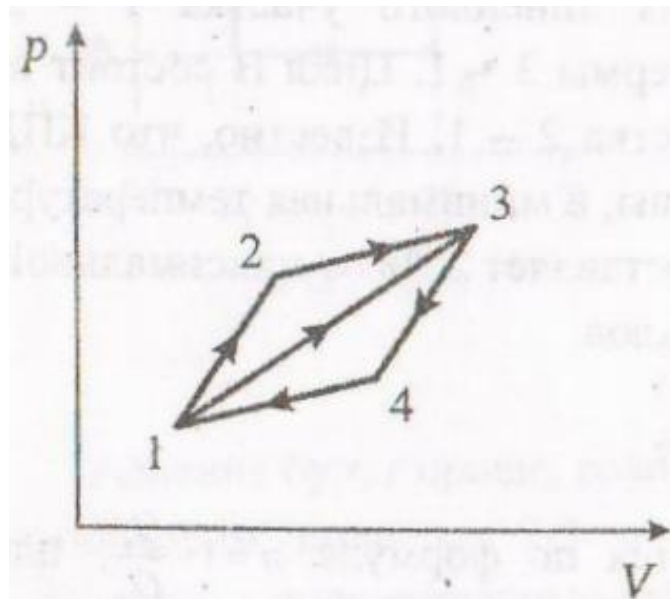


Рисунок 39

**Решение:** Как видно из диаграммы (рисунок 30), в обоих процессах получение от нагревателя количества теплоты ( $Q_{1-2} + Q_{2-3}$  – в процессе 1–2–3–4–1 и  $Q_{1-3}$  – в процессе 1–3–4–1) сопровождается одинаковым изменением внутренней энергии газа  $\Delta U$  (в результате перехода его из состояния 1 в состояние 3).



Работа, совершаемая газом в первом циклическом процессе, в два раза больше работы, совершаемой им во втором процессе (так как диагональ параллелограмма делит его на две равные части).

Для первого процесса:  $\eta = \frac{A'}{A' + \Delta U}$ ; для второго процесса:

$$\eta' = \frac{0,5 A'}{0,5 A' + \Delta U}. \text{ Из этих уравнений получим: } \eta' = \frac{\eta}{2 - \eta}.$$

**Задача 17 (10-11 классы). Отношение КПД циклов**

Определите отношение  $\eta_1/\eta_2$  коэффициентов полезного действия двух циклических процессов, проведённых с идеальным газом (рисунок 40):

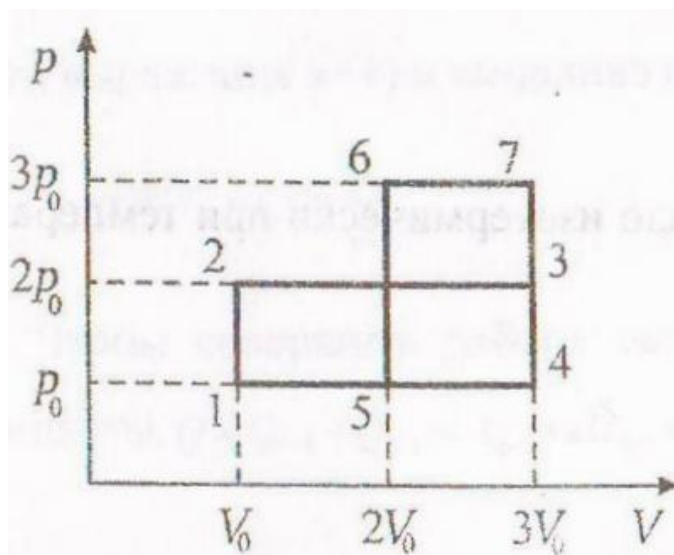


Рисунок 40

**Решение:** Анализ диаграммы (рисунок 40) показывает, что работы в этих циклических процессах одинаковы:

$$A_1' = (2p_0 - p_0) \cdot (3V_0 - V_0) = 2p_0V_0;$$

$$A_2' = (3p_0 - p_0) \cdot (3V_0 - 2V_0) = 2p_0V_0.$$

Значит, отношение КПД:  $\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{Q_2}{Q_1}$ . Найдём  $Q_1$  и  $Q_2$ :

$$Q_1 = \Delta U_{1-3} + A_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_1) + 2p_0V_0 = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 4p_0V_0 = \frac{23}{2} p_0V_0$$

$$Q_2 = \Delta U_{5-7} + A_{6-7} = \frac{3}{2} \nu R(T_7 - T_5) + 3p_0V_0 = \frac{3}{2}(3p_0 \cdot 3V_0 - p_0 \cdot 2V_0) + 3p_0V_0 = \frac{27}{2} p_0V_0$$

Тогда для отношения КПД получим значение:  $\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{27}{23} = 1,2$ .

**Задача 18 (10-11 классы). Необычный цикл**

Определить КПД цикла, показанного на рисунке 32. Газ идеальный одноатомный. Участки 2–3 и 4–5 на рисунке представляют собой дуги окружностей с центрами в точках  $O_1$  и  $O_2$  соответственно.

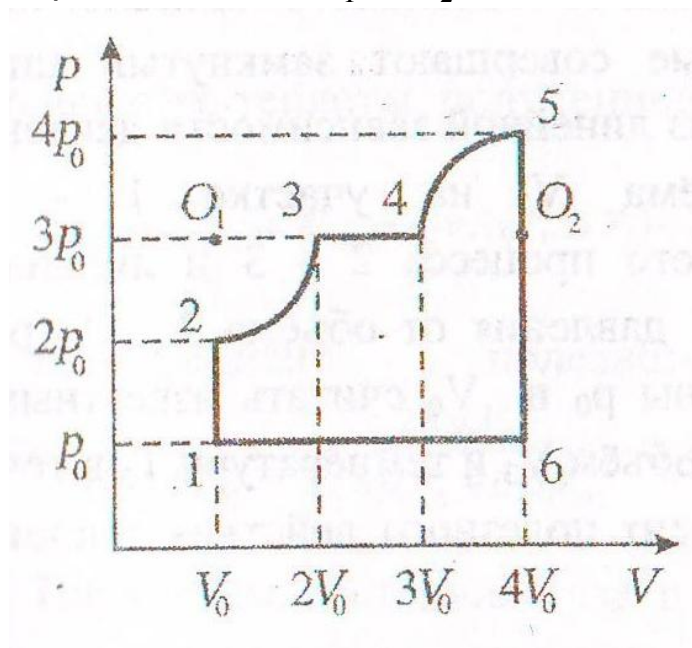


Рисунок 32

**Решение:** Необычность этого цикла состоит в том, что некоторые частные процессы (2–3 и 4–5) изображены на диаграмме (рисунок 32) дугами окружностей, радиусы которых можно брать в единицах давления и в единицах объёма. Площади четвертей кругов, соответствующих дугам 2–3 и 4–5 совпадают, так как равны радиусы этих дуг. В связи с этим работу газа в цикле можно считать равно площади прямоугольника  $1O_1O_26$ :

$$A' = (3p_0 - p_0) \cdot (4V_0 - V_0) = 6p_0V_0. \quad (1)$$

В этой задаче проще найти количество теплоты  $Q_X$ , отданное газом за цикл, и поэтому для нахождения КПД воспользуемся формулой:

$$\eta = \frac{A'}{A' + Q_X}. \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
Q_X &= Q_{5-6} + Q_{6-1} = \frac{3}{2} \nu R (T_5 - T_6) + \frac{3}{2} \nu R (T_6 - T_1) + \\
&+ p_0 (4V_0 - V_0) = \frac{3}{2} \nu R (T_5 - T_1) + 3 p_0 V_0 = \quad . \quad (3) \\
&= \frac{3}{2} (4 p_0 \cdot 4V_0 - p_0 V_0) + 3 p_0 V_0 = \frac{51}{2} p_0 V_0
\end{aligned}$$

Подставив (1) и (3) в (2), получим:  $\eta = \frac{4}{21}$ .

### 3.3 Границы применимости исследовательских задач

Самое распространённое мнение об исследовательских задачах: они доступны только старшеклассникам; они нужны только сильным школьникам; учёба отдельно, исследования отдельно.

На самом деле это не так. Для того чтобы решать исследовательские задачи не обязательно ждать старших классов. Полезно начинать с самого простого, с вещей, доступных несильным ученикам. Далее, хорошее обучение должно дать понятие о методах, характерных для изучаемой науки. При работе с исследовательскими задачами ученикам неизбежно приходится иметь дело с методами науки физики, поэтому исследовательские задачи могут стать органической частью обучения физике.

Исследовательская деятельность учащихся многогранна и организовать её можно на любом этапе обучения физике: при изучении физической теории; при решении задач; при проведении демонстрационного эксперимента; при выполнении лабораторных работ.

Исследовательская деятельность может проходить в разных направлениях: исследование практических вопросов; исследование с помощью самодельных приборов; исследование дома и на улице; проектная исследовательская деятельность учащихся и т.д.

Примером проектной исследовательской деятельности является урок в восьмом классе по теме: «Расчёт электроэнергии, потребляемой бытовыми электроприборами».

При традиционной технологии расчёт электроэнергии бытовыми приборами осуществляется на примере решения стандартных задач из сборника задач по физике. При получении результата проводится небольшой сравнительный анализ и делается вывод о том, какие приборы потребляют большее количество электроэнергии и дороже обходятся. Исследовать нечего, весь творческий поиск сводится к нахождению расчётной формулы и выполнению математических действий. Развивающий потенциал такого подхода практически

стремится к нулю. Факторы для поиска проблем и целей исследования необходимо искать в анализе явлений, процессов, ситуаций. Нерациональное использование электроэнергии может быть выдвинута на уроке физике как проблема, которую ученики могут решить.

Чтобы решить данную проблему ставится цель урока: рассчитать стоимость электроэнергии бытовых электроприборов. Выяснить, почему нерациональное использование электроэнергии влияет на окружающую среду и запасы природных ресурсов. Разработать рекомендации по экономии использования электроэнергии.

После постановки целей, важно повторить изученные величины, такие как работа тока, стоимость электроэнергии, тариф. Для перехода к этапу формулирования гипотезы важно показать практическое применение физических характеристик, связанных с работой тока. Например, каждой паре учащихся предложить в технических паспортах электрических приборов определить параметры эксплуатации, такие как рабочая мощность, напряжение, частота тока. Записать на доске. Сравнить полученные результаты и попробовать выдвинуть гипотезу о том, как будет зависеть работа тока и стоимость представленных устройств от приведённых характеристик.

Учащиеся обнаруживают, что расхождения в характеристиках устройств, сводятся к различной мощности. Значит, делается вывод, что работа тока будет зависеть от мощности. Следующий важный вопрос: а откуда берётся электроэнергия? Предложить подумать, а не наносит ли вред окружающей среде выработка электроэнергии для работы указанных устройств? Почему в последнее время так актуален вопрос о переходе на энергосберегающие лампы?

Может быть, существуют устройства, которые дают тот же результат, но не наносят такого вреда окружающей среде и позволяют сэкономить бюджет. Все выдвинутые гипотезы необходимо зафиксировать на доске или на слайде презентации.

Ставятся задачи урока:

- исследовать, от чего зависит стоимость электроприборов;
- исследовать, как влияет работа приборов в режиме ожидания на стоимость электроэнергии;
- изучить экологические проблемы, связанные с производством электроэнергии;
- выяснить, какие источники электроэнергии существуют, каковы их преимущества и недостатки;
- рассмотреть способы экономии электроэнергии.

Для решения поставленных задач используем коммуникативный мотив.

Коммуникативный мотив – связан с необходимостью общения, делового сотрудничества, взаимодействия. Для этого класс делится на группы. Классу предлагается совместное выполнение поставленных

задач при условии, что каждая группа будет делать свою часть исследования. В этом случае каждый член команды оказывается участником созидательного процесса, проходит под руководством учителя все этапы творческой деятельности. Такая работа способствует развитию исследовательских навыков у всех членов команды.

Даже слабые школьники «заражаются» творчеством и делают свои небольшие открытия. Под дифференцированным подходом принято понимать обеспечение различных условий, учитывающих индивидуально-личностные особенности обучающихся при усвоении предметного содержания.

Интегративно-дифференцированный подход представляет собой соединение этих, казалось бы, исключаящих друг друга подходов и может обеспечить как достижение целостности восприятия мира, так и личностную ориентацию обучения.

Таким образом, проектная исследовательская деятельность формирует у учащихся целостную систему универсальных знаний, умений, навыков, а также опыта самостоятельной деятельности и ответственности, что и обеспечивает современное качество образования и повышает качество преподавания предмета.

При выполнении лабораторных работ так же можно осуществлять исследовательскую деятельность. Проведя анализ учебников физики, мы пришли к следующему выводу: лабораторные работы содержат слишком подробное описание. Чтобы внести в них исследовательский элемент, следует несколько изменить технологию их выполнения. Лабораторные работы можно разделить на два уровня. Первый – исследовательский, второй – частично-поисковой.

Первый уровень содержит план выполнения лабораторной работы, а также форму отчёта, но не содержит подробных описаний способов измерения тех или иных величин и расчётных формул.

Второй уровень предполагает самостоятельное выполнение лабораторной работы, ее планирование, подбор необходимых для вычислений формул, выбор формы отсчета и обязательное выполнение дополнительного задания исследовательского характера.

Ниже будут приведены примеры лабораторных работ, содержащих в себе элемент исследования.

#### *Лабораторная работа №1*

##### *«Градуирование пружины и измерение сил динамометром»*

(Для исследовательского задания предлагаются бельевая резинка, стальной шарик и магнит).

#### *1. Первый уровень*

– укрепите динамометр с закрытой шкалой вертикально в лапке штатива. Отметьте карандашом горизонтальную черту в начальном положении указателя динамометра – это будет нулевое деление шкалы;

– подвесьте динамометр к грузу. Также отметьте чертой на бумаге новое положение указателя динамометра. Это положение соответствует силе **1 Н**;

– подвешивайте к динамометру второй, третий, четвёртый грузы, добавляя по одному и каждый раз отмечая положение указателя динамометра;

– снимите динамометр со штатива и напротив каждой из отметок поставьте цифры 0, 1, 2, 3... Выше цифры «0» напишите: «Ньютон»;

– измерьте расстояние между соседними черточками. Одинаковы ли они? Почему?

– не подвешивая к динамометру грузы, получите шкалу с ценой деления **0,1 Н**;

– зарисуйте проградуированную шкалу динамометра.

– сделайте выводы по проделанной работе.

**2. Второй уровень** содержит дополнительные задания:

– определите, какую силу нужно приложить, чтобы растянуть предложенную бельевую резинку на **2 см**. Точность измерения должна быть не ниже **0,1 Н**;

– подвесьте к динамометру на нити стальной шарик. Заметьте значение силы тяжести, которую показывает динамометр. Снизу к шарiku поднесите магнит. Наблюдайте, что-то происходит или нет.

Ответьте на вопросы:

– изменилась ли сила натяжения нити?

– изменилась ли сила тяжести, действующая на шарик? Почему?

– каковы показания динамометра в данном случае? Какую силу он показывает?

*Ответ:* Равнодействующую силу тяжести и магнитного взаимодействия шарика и магнита.

**Лабораторная работа № 2**

**«Выяснение условий плавания тела в жидкости»**

(Для исследовательского задания дополнительно предлагается кусочек пластилина).

**1. Первый уровень**

– насыпьте в пробирку столько песка, чтобы она, закрытая пробкой, плавала в мензурке с водой в вертикальном положении, часть её находилась над поверхностью воды;

– определите выталкивающую силу, действующую на пробирку.

– выньте пробирку из воды и определите массу пробирки с точностью до 1 г. Рассчитайте силу тяжести, действующую на нее.

**2. Второй уровень**

**Дополнительное задание:** Положите в пробирку кусочек пластилина, чтобы она плавала в воде. Изменится ли глубина её погружения, если этот кусочек пластилина приклеить:

- ко дну пробирки снаружи;
- к боковой поверхности пробирки? Объясните полученный результат.

Критерии оценивания исследовательских работ учащихся:

Оценка «5» ставится при условии:

- работа выполнялась самостоятельно;
- материал подобран в достаточном количестве с использованием разных источников;
- работа оформлена с соблюдением всех требований для оформления исследовательских задач;
- защита исследовательской работы проведена на высоком и доступном уровне.

Оценка «4» ставится при условии:

- работа выполнялась самостоятельно;
- материал подобран в достаточном количестве с использованием разных источников;
- работа оформлена с незначительными отклонениями от требований для оформления исследовательских задач;
- защита исследовательской работы проведена хорошо.

Оценка «3» ставится при условии:

- работа выполнялась с помощью учителя;
- материал подобран в недостаточном количестве;
- работа оформлена с незначительными отклонениями от требований для оформления исследовательских задач;
- защита исследовательской работы проведена удовлетворительно.

Оценка «2» ставится при условии:

- работа выполнялась с помощью учителя;
- материал подобран в недостаточном количестве для раскрытия темы;
- работа оформлена со значительными отклонениями от требований для оформления исследовательских задач;
- защита исследовательской работы проведена не удовлетворительно.

Оценка «1» ставится при условии:

- работа не выполнена;
- необоснованный отказ от выполнения работы.

Решение исследовательских задач трудоёмкий и творческий процесс. Ответ на задачу приходит не всегда быстро и легко. Зачастую, для решения исследовательской задачи понадобится применение различных научных методов познания. К таким методам можно отнести метод проб и ошибок, метод мозгового штурма и т.д. Помимо умений пользоваться данными методами, а также знаний, применяемых для

решения поставленной задачи, учащийся должен обладать творческими способностями и креативностью.

Грэхем Уоллс выделил 4 фазы творческого процесса:

– подготовка: формулировка задачи и начальные попытки ее решения;

– инкубация: отвлечение от задачи и переключение на другой предмет;

– просветление: интуитивное проникновение в суть задачи;

– проверка: испытание и/или реализация решения [30].

Во время прохождения педагогической практики, с учащимися седьмых – восьмых классов были предложены некоторые исследовательские задачи:

*Задача 1.* Почему нить накаливания обычно перегорает при включении лампочки, а не после многочасового горения, когда, казалось бы, эта нить сильнее всего нагрета?

Задача имеет несколько вариантов решения.

*Ответ 1:* Когда лампочка включается, тонкая нить накаливания испытывает тепловой удар по трем причинам:

1. Сопротивление металла увеличивается с температурой. Когда лампочка включается, сопротивление нити составляет менее  $\frac{1}{10}$  рабочего значения. Поэтому начальный ток более, чем в десять раз превышает установившийся ток.

2. Если какая-то часть нити немного тоньше остальных, она будет нагреваться быстрее, потому что её сопротивление на единицу длины больше. Именно на нём будет выделяться больше тепла.

3. Вдобавок ко всему, сама нить представляет собой скрученную проволоку, которая при пропускании тока действует как электромагнит: каждый виток отталкивает соседние витки, так что начальный импульс тока при включении создает механическое напряжение, особенно сильно действующее на тонкий участок нити. Полезно измерить сопротивление выключенной и включенной лампочек.

*Ответ 2:* Свет в лампочке накаливания испускается раскалённой до температуры 2500 С° вольфрамовой нитью. При таких температурах атомы вольфрама испаряются с поверхности нити, и оседают на стекле колбы, вызывая её потемнение в некоторых местах, а сама нить постепенно истончается.

Разрушающее нить горячее пятно может возникнуть по двум причинам. Во-первых, если некоторые витки вольфрамовой проволоки окажутся прижатыми друг к другу: их температура будет выше нормальной, поскольку это место будет задерживать больше испускаемого излучения. Во-вторых, некоторые витки могут оказаться чуть тоньше соседних – их сопротивление будет больше, а скорость теплоотдачи меньше.



При достаточно малом диаметре проволоочки в «горячем пятне» большой импульс тока при включении расплавит спираль. При этом возникает небольшой промежуток, в котором может возникнуть искровой или дуговой разряд. Малое сопротивление разрядного промежутка приведёт к большому импульсу тока, что в свою очередь, может привести к выбиванию предохранителя в сети. Дуга наблюдается, как вспышка света внутри лампы.

**Задача 2.** Два сосуда одинаковых объёмов доверху наполнены тёплой водой. Чтобы остудить воду, один сосуд ставят на лёд, а на другой сосуд сверху кладут большой кусок льда. В каком сосуде вода остынет быстрее.

**Ответ:** Вода охлаждается быстрее при перемешивании теплых и холодных её слоёв. Теплопроводность играет при этом незначительную роль. Чем жидкость холоднее, тем она тяжелее. Поэтому эффективнее будет охлаждение, если лёд положить сверху.

**Задача 3.** На весах уравновешены сосуд с водой и штатив с грузом. Груз подвешен так, что он находится над сосудом. Нарушится ли равновесие, если груз опустится в сосуд с водой. На какую чашку весов надо положить довесок, чтобы равновесие восстановилось.

**Ответ:** Если груз окажется в сосуде, то появится сила давления груза на воду, направленная вниз, в свою очередь на величину выталкивающей силы изменится сила натяжения, действующая на штатив и направленная тоже вниз. Поэтому для установления равновесия необходимо на чашку, где находится штатив, положить довесок, сила тяжести которого равна удвоенной выталкивающей силе, действующий на груз.

**Задача 4.** В одном из тепличных хозяйств по выращиванию цветов в Армении поставили такой опыт: на гвоздики подавали через сопла струи воздуха с разных сторон, с различной скоростью и частотой импульсов. Гвоздики росли быстрее, цветки получились крупные и красивые. Интересный способ «тренировки» цветов? А теперь вопрос: что плохо в этой системе и как её усовершенствовать?

**Ответ:** В системе нет хорошо управляемых элементов, система громоздка (компрессор, трубопроводы, сопла и т.д.), следовательно, надо такие элементы внести, упростив заодно систему. Надо сделать наоборот: не гнать ветер для раскачивания цветков, а раскачивать цветки в неподвижном воздухе с помощью магнитного поля. Наклейте на стебли маленькие кусочки липкой магнитной ленты и включайте магнитное поле: постоянное, переменное, импульсное, вращающееся и т.п.

На решение задач, учащимся пришлось потратить не час и даже не один день. Таким образом, значение имеет не число решённых задач, а глубина проработки решения. Такие задачи, можно надеяться, помогут лучше понять науку как профессию, состоящую в получении новых

результатов «своими руками». «Арсенал» исследования при этом не фиксирован.

Можно использовать теоретические соображения, эксперименты, компьютерное моделирование – по своим наклонностям и возможностям – в условии задачи даются лишь отдельные советы (впрочем, им можно и не следовать). Если необходимые сведения выходят за рамки школьной программы, нужно использовать литературу – для решения большинства задач это полезно, а решение некоторых из них без этого и невозможно.

При решении исследовательских задач учащиеся пользовались консультацией учителей. В основном, ученики решали исследовательские задачи в группах.

Как говорилось ранее, решение исследовательских задач – это творческий процесс. Развитие творческих способностей учащихся является одной из задач современных школ. По нашему мнению, исследовательские задачи могут преодолеть формализм в знаниях школьника.

По мнению психологов, нашей креативности мешаем чаще всего мы сами. Мешают, прежде всего, мыслительные барьеры, выработанная годами привычка во всем опираться на сознание. Мешает уверенность в том, что существует только одно правильное решение, только один возможный ответ, в то время как любая задача в действительности имеет множество решений. Мешает убежденность в том, что всё уже кем-то придумано. Также часто мешает предубеждение окружающих и страх показаться глупым.

В современном обществе одной из основополагающих характеристик личности является креативность.

Под креативностью понимают творческие способности человека, которые помогают ему создавать и воплощать в жизнь новые идеи, которые не вписываются в традиционные схемы.

Проведённые нами исследования показали, что решение исследовательских задач помогает в развитии творческих способностей и креативности. Нами были проведены тесты по методике Вилькина В.М.

Наше исследование было разделено на три этапа: констатирующий эксперимент, решение исследовательских задач с учащимися, завершающий анализ.

Мы решили выявить, влияет ли решение исследовательских задач на развитие креативности учащихся. С этой целью мы предложили учащимся несколько тестов.

*Тест 1.* Учащимся необходимо было ответить на вопрос: «Что можно сделать с кирпичом и как его применить?»

Ответы учащихся:

- разбить;
- сломать;
- выкинуть.

*Тест 2.* Учащимся необходимо ответить на вопрос: «Каким, по вашему мнению, способом можно использовать карандаш?»

Ответы учащихся:

- писать;
- рисовать;
- прокалывать бумагу.

На первом этапе исследования результаты тестирования показали слабо развитую креативность и творческую способность. На вопрос «Что можно сделать с кирпичом и как его применить?» у учащихся практически не было вариантов ответа.

На втором этапе исследования учащимся были предложены исследовательские задачи различного типа. Некоторые задачи решались непосредственно на уроке. Остальные задачи решались в индивидуальном и групповом порядке. На решение качественных исследовательских задач, как правило, уходило меньше времени, нежели на другие виды задач.

Третий этап исследования был предназначен для повторного проведения теста на творчество и креативность. На вопрос: «Что можно сделать с кирпичом и как его применить?» ответы учащихся были следующие:

- молоток;
- подставка;
- пресс;
- подставка под колеса;
- груз для утопления предмета;
- при подъеме на воздушном шаре сбрасывать для уменьшения веса и т.д.

На вопрос: «Каким, по вашему мнению, способом можно использовать карандаш?» учащиеся дали следующие варианты ответов:

- массаж рук;
- подставка под книгу;
- закрытие отверстия;
- вешалка;
- в качестве линейки;
- для демонстрации условия равновесия;
- для создания серого фона на бумаге;
- для получения графена.

Повторное тестирование показало, что учащиеся отвечали более активно, прослеживались оригинальные идеи, нестандартное мышление.

Варианты ответов возросли в 2 раза.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что решение исследовательских задач способствует не только глубокому

концептуальному пониманию проблемы, но и развитию творческих способностей и креативности.

Критериями влияния исследовательских задач на развитие креативности можно выделить следующие:

- создание нового с использованием того, что уже есть, при этом отказ от стереотипности мышления;

- гибкость и оригинальность ума;

- восприимчивость – умение замечать необычные детали, неопределённости и противоречия, быстрая переключаемость с одной идеи на другую; предрасположенность к синтезу и анализу;

- метафоричность – готовность работать в нестандартных условиях, склонность к ассоциациям, умение видеть в сложном простое и наоборот;

- способность почувствовать правильное направление мысли интуитивно; способность разрабатывать свои идеи в деталях; умение генерировать большое количество разнообразных идей;

- удовлетворенность – итог работы креативного мышления.

## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

**Задача 1.** Атомное ядро летит со скоростью  $v$  и распадается на два одинаковых осколка. Каков максимально возможный угол  $\alpha$  между скоростью ядра и скоростью осколка, если известно, что при распаде покоящегося ядра каждый из осколков приобретает скорость  $u$ ? В каких пределах может изменяться угол  $\beta$  разлёта осколков?

**Задача 2.** Летчик должен сбросить груз в точку  $A$ , находящуюся на земле впереди по курсу самолета. Оцените, на каком расстоянии  $s$  (по прямой) от точки  $A$  следует произвести сброс, если самолет летит горизонтально на высоте  $h$  со скоростью  $v$ ?

**Задача 3.** Четыре черепахи находятся в углах квадрата со стороной  $a$  и начинают двигаться одновременно с одинаковой и постоянной по модулю скоростью  $v$ . При этом первая черепаха все время держит курс на вторую, вторая – на третью, третья – на четвертую, четвертая – на первую. Через какое время  $t$  черепахи встретятся? Ответьте на этот же вопрос для трех черепах, находящихся первоначально на углах равностороннего треугольника со стороной  $a$ .

**Задача 4.** На ледяном склоне, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом, находится доска массой  $M$ . Как должен бежать по этой доске человек массой  $m$ , чтобы доска оставалась в покое? При каком коэффициенте трения  $\mu$  между подошвами и доской это возможно? Трение между доской и льдом пренебрежимо мало.

**Задача 5.** Летая вокруг Земли в спутнике по круговой орбите  $A$ , я решил приземлиться. Выбросив вперед мешок с пустыми консервными банками, я уменьшил скорость спутника так, что он перешел на орбиту  $B$ , касающуюся поверхности Земли. Через какое время  $t$  после этого я приземлился? Радиус круговой орбиты втрое больше радиуса Земли.

**Задача 6.** Цепочка массой  $m$  подвешена к потолку. При каком угле  $\alpha$  сила натяжения цепочки в ее нижней точке равна весу цепочки? Чему будет равна при этом сила  $T$  натяжения в точке подвеса?

**Задача 7.** Оцените массу атмосферы Земли (радиус Земли  $R = 6400$  км).

**Задача 8.** Определите плотность куска пластилина. Плотность воды считайте известной.

**Оборудование:** кусок пластилина, ученическая линейка, сосуд цилиндрической формы с водой.

**Задача 9.** Изготовьте из листа бумаги модель моста, выдерживающего максимальную для этой бумаги нагрузку, приложенную к центру его поверхности. Определите максимальный вес нагрузки, при которой модель еще не разрушается.

*Оборудование:* лист бумаги, линейка, два бруска, разновесы, ножницы.

*Примечание для участников:* модель устанавливается на брусках, расстояние между которыми следует сделать 25 см, ширину моста следует сделать равной 2 см.

*Примечание для организаторов:* бумажные листы для всех участников следует взять из одной пачки.

**Задача 10.** Определить с максимально возможной точностью сопротивление резистора.

*Оборудование:* источник тока, резистор с известным сопротивлением  $R_1$ , резистор с неизвестным сопротивлением  $R_2$ , стаканчик (стеклянный на 100 мл), термометр, часы (можно использовать свои наручные), миллиметровая бумага, кусок пенопласта.

**Задача 11.** Исследуйте зависимость скорости истечения струи, вытекающей из сосуда, от высоты уровня воды в этом сосуде.

*Приборы и оборудование:* штатив с муфтой и лапкой, стеклянная бюретка со шкалой и резиновой трубкой, пружинный зажим, винтовой зажим, секундомер, воронка, кювета, стакан с водой, миллиметровая бумага.

**Задача 12.** Найдите отношение жесткостей двух пружин.

*Приборы и оборудование:* две пружины, лист нелинованный бумаги, карандаш или ручка.

**Задача 13.** Если в образце некоторого материала существует трещина или разрез, то при создании в образце механического напряжения трещина может продолжить сохранять свои размеры, либо начать расти до полного разрушения образца. Максимальная длина трещины, при которой еще не начинается разрушение материала, называется критической длиной трещины при данной нагрузке.

Исследуйте для данного материала зависимость критической длины трещины от нагрузки.

*Приборы и оборудование:* листы исследуемого материала, приспособление для его закрепления, кнопки, линейка, лезвие, динамометр.

**Задача 14.** Определите коэффициент трения бруска о стол.

*Оборудование:* брусок, линейка, штатив, нитки, гиря известной массы.

**Задача 15.** Определите вес плоской фигуры.

*Оборудование:* плоская фигура, линейка, гирька.

**Задача 16.** Из двух линз соберите зрительную трубку с максимальным увеличением. Определите увеличение зрительной трубы.

Поместите оставшуюся свободной линзу вблизи фокальной плоскости объектива. Опишите, каким образом изменились оптические свойства трубы и объясните, почему это произошло.

*Оборудование:* две линзы № 1 и одна линза № 2.

**Задача 17.** Определите значение обратного тока через диод.

**Оборудование:** диод, источник питания с известным напряжением, соединительные провода, конденсатор известной емкости, неградуированный микроамперметр, часы, ключ.

**Примечание для организаторов:** диод лучше использовать германиевый, тогда вполне подходит микроамперметр на 50 мкА.

**Задача 18.** Исследуйте зависимость величины прогиба балки прямоугольного сечения от её длины, ширины и от силы, действующей на балку. Один конец балки жёстко закреплен, на другой действует сила, перпендикулярная балке.

**Приборы и оборудование:** две деревянные ученические линейки, динамометр, полоска миллиметровой бумаги.

**Задача 19.** Определить коэффициент поверхностного натяжения жидкости (например, воды).

**Приборы и оборудование:** пластинка, покрытая парафиновой бумагой, лист миллиметровой бумаги, бюретка, сосуд с водой.

**Задача 20.** Определить удельное сопротивление куска нихромовой проволоки.

**Оборудование:** резистор с известным сопротивлением  $R_1$ , кусок нихромовой проволоки с длиной около 30 см, батарейка, миллиамперметр, линейка с делениями, карандаш.

**Задача 21.** Определить с максимальной возможной точностью емкость конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$ .

**Оборудование:** батарейка, микроамперметр, конденсатор известной ёмкости  $C_0 = 2$  мкФ, два конденсатора неизвестной емкости, резистор с высоким ( $\sim 1$  МОм) сопротивлением.

**Указание:** категорически запрещается подсоединять электроизмерительные приборы непосредственно к источнику питания.

**Задача 22.** Исследуйте зависимость ускорения шарика, движущегося по наклонному желобу, от угла наклона желоба к горизонту.

**Приборы и оборудование:** штатив с муфтой и лапкой, желоб, шарик, лента измерительная, копировальная бумага, кнопки.

**Задача 23.** Измерьте атмосферное давление.

**Оборудование:** трубка с внутренним диаметром 1,2 мм, пробирка, линейка, пластилин, стакан с водой.

**Задача 24.** Канцелярская кнопка скользит по вогнутой поверхности горизонтально расположенного бумажного цилиндрического желоба, радиус которого равен  $R$ . Определите максимальный коэффициент трения скольжения железа по бумаге.

Точное решение этой задачи с помощью одних расчетов представляет большие математические трудности, поэтому поставьте эксперимент так, чтобы свести к минимуму систематические погрешности, возникающие при приближённом решении.

**Оборудование:** вогнутая цилиндрическая поверхность с двумерной вертикальной миллиметровой шкалой, канцелярская кнопка, линейка транспортёр (не обязательно), карандаш.

**Примечание:** на миллиметровой шкале можно проводить вспомогательные линии.

**Задача 25.** Исследуйте зависимость величины силы сопротивления от скорости установившегося движения бумажного конуса в воздухе.

**Приборы и оборудование:** десять бумажных конусов, измерительная линейка, пластилин.

**Задача 26.** Определить массу неизвестного груза, если есть груз известной массы.

**Оборудование:** штатив, пружина, два груза (один известной массы, секундомер).

**Задание**

А) определить статическим образом массу груза № 2 (сравните с результатом, полученным при измерении массы груза динамическим способом).

Б) Постройте график зависимости амплитуды колебаний каждого из грузов в воздухе от числа полных колебаний.

В) Постройте график зависимости амплитуды колебаний каждого из грузов в воде от числа полных колебаний.

**Задача 27.** Электрическая цепь, состоящая из последовательно соединённых «чёрного ящика» и конденсатора, подсоединена к источнику переменного напряжения. Определите мощность, потребляемую «чёрным ящиком».

**Приборы и оборудование:** «чёрный ящик», конденсатор, провод с вилкой, источник переменного напряжения, ключ, мультиметр.

**Задача 28.** Определите плотность масла.

**Оборудование:** сосуд с водой, сосуд с маслом, две стеклянные трубки, резиновая трубка, линейка, воронка, штатив.

**Задача 29.** Исследуйте зависимость мощности, потребляемой лампой накаливания, соединительные провода, два вольтметра, ключ, известное сопротивление, лист миллиметровой бумаги.

**Задача 30.** Соберите электромагнит из железного стержня и мотка изолированного провода. Исследуйте, зависимость величины «подъёмной силы» электромагнита от числа витков в обмотке и силы тока, протекающего через неё.

**Оборудование:** изолированный провод, железный стержень, штатив, соединительные провода, регулируемый источник тока, ключ, набор грузов, железная пластина с крючком, нить.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовательские умения являются общими для многих учебных дисциплин. В настоящее время на уроках по различным предметам осуществляется различный подход к формированию этих умений.

К исследовательской деятельности учащихся можно готовить, решая исследовательские задачи. В зависимости от уровня сложности их можно включать в учебный процесс почти на каждом уроке (качественные исследовательские задачи, при выполнении практических работ по физике, а так же в процессе организации самостоятельной работы учащихся).

Для успешного решения исследовательских задач необходимо ознакомить учащихся с методами научных исследований по физике, его можно представить в виде последовательных этапов исследовательской деятельности: теоретическое предвидение – разработка рабочей гипотезы – наблюдения – эксперимент – анализ экспериментальных фактов и выводы из них – проверка выводов на практике.

На наш взгляд каждая исследовательская задача это мини-исследование ученика. В данной работе было уточнено понятие «исследовательская задача», раскрыта суть этого понятия, введен новый вид исследовательской задачи – задачи-оценки.

Поскольку в методической литературе отсутствует классификация исследовательских задач по физике, мы разработали классификацию исследовательских задач по уровню сложности:

- качественные исследовательские задачи;
- задачи-оценки;
- задача-рисунок;
- экспериментальные исследовательские задачи;
- задачи с техническим содержанием;
- графические исследовательские задачи.

При решении исследовательских задач мы выделили следующие приемы решения:

- объединение;
- дробление;
- динамичность;
- промежуточный объект;
- наоборот;
- копирование.

При анализе содержания задачи и составления плана учитель:

– не подсказывает прямо хода решения, если этот ход ему известен;

– не мешает ученику двигаться в выбранном направлении решения, даже если руководителю кажется, что путь заведомо;

– не требует изучения определенного корпуса литературы, а только советует, что может ученику помочь;

– не ставит жестких промежуточных сроков и подстраивается под ритм работы, удобный ученику;

– работает с учеником как с младшим коллегой, помогая ему, если есть просьба о такой помощи, и на равных обсуждая возникающие проблемы.

Соблюдение вышеперечисленных дидактических условий позволит эффективно внедрить исследовательские задачи по физике в учебный процесс.

Опытное апробирование качественно подтвердило влияние исследовательских задач на развитие креативности учащихся.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.myshared.ru/slide/625972/>
2. Балл Г. А. О психологическом содержании понятия «задача» // Вопросы психологии. – 1970. – № 6. – С. 75–85.
3. Пойа Д. Как решать задачу. – М., 1961. – С. 100.
4. Кудрявцев Ю.Н. Методы решения физических задач. – Ульяновск: УИПКПРО, 2010 – 43с.
5. Полицинский Е.В. Задачи по физике. Руководство к выполнению контрольных работ: учебно-методическое пособие / Е.В. Полицинский. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 6 с.
6. Пойа Д. Как решать задачу. – М., 1961. – С. 105.
7. Зинченко П. И.. Непроизвольное запоминание. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1961. – С. 173.
8. Мануилова С.М. Формирование мышления обучающихся посредством решения задач по физике. – МБОУ СОШ с.Лесогорское, 2014. – 6с.
9. <http://fiziks.org.ua/rol-i-mesto-zadach-v-obuchenii-fizike/>
10. Разумовский В.Г. Творческие задачи по физике. М., «Просвещение», 1967.
11. Ребко Т.М. Классификация, примеры и функции задач по физике с эколого-краеведческим содержанием // Фізика: проблеми викладання. – 1999. – № 3. – С. 82-95.
12. Семке А.И. Нестандартные задачи по физике. Для классов естественно-научного профиля / А.И.Семке. – Ярославль: Академия развития, 2007. – 320с.
13. Беликов Б.С. Решение задач по физике. Общие методы. – Москва «Высшая школа», 1986. – 11-17с.
14. Таранова М.В. Учебно-исследовательская деятельность как фактор повышения эффективности обучения математике учащихся профильных классов: дис. ... канд. пед. наук. – Новосибирск, 2003. – 190 с.
15. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. – М.: Политиздат, 1975. – 304 с.
16. Сериков В.В. Образование и личность. Теория и практика проектирования педагогических систем. – М.: Изд-во «Логос», 1999. – 272 с.
17. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. – М.: Педагогика, 1981. – 186 с.
18. Бухвалов В.А. Развитие учащихся в процессе творчества и сотрудничества. – М.: Центр «Педагогический поиск», 2000. – 144 с.
19. Ларькина Е.В. Методика формирования элементов исследовательской деятельности учащихся основной школы на уроках геометрии: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1996. – 16 с.

20. Бухвалов В.А. Развитие учащихся в процессе творчества и сотрудничества. – М.: Центр «Педагогический поиск», 2000. – 144 с.
21. Лоповок Л.М. Задачи исследовательского характера в VI классе // Вопросы обучения и воспитания: в 2 ч. – Томск: Изд-во АПО, 1975. – Ч. 2. – С. 86–94.
22. Митенева С.Ф. Нестандартные задачи по математике как средство развития творческих способностей учащихся: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Киров, 2005. – 20 с.
23. Ярков В.Г. Типы исследовательских задач и этапы их решения // Проблемы педагогической инноватики в профессиональной школе: материалы 6-й межрегиональной межотраслевой науч.-практ. конф. – СПб., 2005. – С. 114–116.
24. <http://nenuda.ru/решение-задач-с-применением-понятия-граф.html>
25. Журнал «Исследовательская работа школьников» №1, 2002. Жексенбаева У.Б. Организация научно-исследовательской деятельности школьников. – Алматы, РАДиАЛ, 2006. – С.1-25.
26. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гипотеза>
27. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Эксперимент>
28. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Наблюдение\\_\(психология\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Наблюдение_(психология))
29. Митенева С. Ф. Нестандартные задачи по математике как средство развития творческих способностей учащихся: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Киров, 2005. – 19 с.
30. <http://www.studfiles.ru/preview/3293347/>
31. Новиков В.Н., Шипотько А.Ф. Восемьдесят графических задач: Учеб.-метод. Пособие / под общей ред. В.Н. Новикова. – Костанай: КГУ им. А.Байтурсынова, 2011. – 95 с., ил.