



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Формирование теоретических знаний и практических умений при изучении раздела «Основы термодинамики» в 10 классе содержит 68 страниц текстового документа, 40 использованных источников, 12 таблиц, 25 рисунка, 1 приложение.

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ, ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ, ИЗОПРОЦЕССЫ, АДИАБАТНЫЙ ПРОЦЕСС, НЕОБРАТИМОСТЬ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ, КПД ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ.

Актуальность исследования заключается в необходимости формирования практических умений при изучении раздела «Основы термодинамики» у учащихся 10 класса.

Цель исследовательской работы – рассмотреть методику формирования теоретических знаний и практических умений в процессе изучения раздела «Основы термодинамики».

Объект исследования – процесс обучения физике в 10 классе.

Предмет исследования – методика изучения основ термодинамики в школе.

Задачи данной работы:

1. Раскрыть основные понятия раздела «Основы термодинамики» и методику их изучения;
2. Разработать программу элективного курса по теме «Основы термодинамики»;
3. Выяснить условия, при которых один из опытов по теме исследования получается наиболее эффективно.

В результате исследования были рассмотрены основные понятия по теме исследования и методика их изучения. Разработан элективный курс с методическими рекомендациями к решению задач и проведению лабораторных работ, выявлены условия, при которых опыт получается наиболее эффективно, разработан квест по теме исследования.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Формирование теоретических знаний при изучении раздела «Основы термодинамики» в 10 классе.....	7
1.1 Анализ учебников по теме исследования.....	7
1.2 Анализ основных понятий по теме исследования.....	11
1.3 Методика изучения основных поняти по теме исследования.....	31
2. Формирование практических умений при изучении раздела «Основы термодинамики» в 10 классе.....	40
2.1 Проверка имеющихся знаний учащихся по разделу «Основы термодинамики».....	40
2.2 Содержательная часть элективного курса и методические рекомендации по формированию практических умений при изучении раздела «Основы термодинамики» в 10 классе.....	45
Заключение.....	60
Список использованных источников.....	62
Приложение А Квест «Письмо из Хогвартса».....	66

## ВВЕДЕНИЕ

Феноменологическая теория, исследующая макроскопические тела, их явления и свойства, связанные с превращением энергии, и не имеющая в виду их внутреннее строение, называется – термодинамикой.

В изучении одного из основных принципов термодинамики для учащихся старших классов лежит огромное познавательное и мировоззренческое значение.

Началом термодинамики как науки считается работа «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу» автором которой является С. Карно. В ходе исследования были изучены теория тепловых машин, конкретные вопросы об изменении внутренней энергии во время работы и вопросы теории тепловых машин. Термодинамика изучает преобразование энергии не только в тепловых процессах, но и в электрических, магнитных, химических и многих других.

Раздел «Основы термодинамики» изучается в 10 классе. Элементы данного раздела такие как, количество теплоты и внутренняя энергия, рассматриваются в 8 классе

Таким образом, вышесказанное позволяет констатировать, что формирование практических умений раздела «Основы термодинамики» у обучающихся является актуальным, что позволило нам сделать выбор темы выпускной квалификационной работы «Формирование теоретических знаний и практических умений при изучении раздела «Основы термодинамики» в 10 классе».

Цель исследовательской работы – рассмотреть методику формирования теоретических знаний и практических умений в процессе изучения раздела «Основы термодинамики».

Объект исследования – процесс обучения физике в 10 классе.

Предмет исследования – методика изучения основ термодинамики в школе.

Задачи данной работы:

1. Раскрыть основные понятия раздела «Основы термодинамики» и методику их изучения;
2. Разработать программу элективного курса по разделу «Основы термодинамики»;
3. Выяснить условия, при которых один из опытов по теме исследования получается наиболее эффективно.

Методы исследования: изучение литературы по теме исследования; анализ учебной и учебно-методической литературы; обобщение; сравнение; описание.

Этапы исследования:

I этап (сентябрь 2021 – январь 2022) – анализ научной, педагогической и методической литературы по теме исследования, отработка понятийного аппарата исследования, постановка цели, определение объекта, предмета и задач исследования, выбор методов исследования. Проведение элективного курса в школе.

II этап (февраль 2022 – март 2022) – разработка методических рекомендаций к решению задач и проведению лабораторных работ.

III этап (апрель 2022 – май 2022) – анализ результатов исследования, выявление условий, при которых опыт получается наиболее эффективно, подведение итогов исследования.

Экспериментальная база исследования: МБОУ «СОШ №2» г. Лесосибирска.

Практическая значимость работы заключается в разработке элективного курса с методическими рекомендациями к решению задач и проведению лабораторных работ, и выяснению условий, при которых один из опытов по теме получается наиболее эффективно. Кроме того, нами предложены приемы оценивания образовательных результатов по теме исследования и уровни усвоения учебного материала. В качестве дидактического материала, который может применяться при закреплении пройденной темы, нами был разработан

квест, который был апробирован в школе во время прохождения педагогической практики и показал хорошие результаты. В работе систематизирован теоретический материал по данной теме и практическая часть, которая может быть использована учителями в своей педагогической деятельности.

По результатам исследования опубликована статья по теме «Идеальные термодинамические циклы» на интернет-платформе «Инфоурок».

Структура работы – работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы, включающего 40 наименований, одного приложения. Результаты работы представлены в 12 таблицах, 25 рисунках. Общий объем работы – 68 печатных страниц.

# 1 Формирование теоретических знаний при изучении темы «основы термодинамики» в 10 классе

## 1.1 Анализ учебников по теме исследования

В настоящее время существует большое количество учебников по физике для основного общего образования, утвержденных Министерством просвещения РФ. Сравнительный анализ раскрытия раздела «Основы термодинамики» в учебнике по физике (Г. Я. Мякишев) и в учебнике по физике (Л. Э. Генденштейн) 10 класс представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ раскрытия раздела «Основы термодинамики» в учебнике (Г. Я. Мякишев) и в учебнике (Л. Э. Генденштейн) 10 класс

Учебник по физике (авт. Мякишев Г. Я.) 10 класс	Учебник по физике (авт. Генденштейн Л. Э.) 10 класс
<p>Раздел «Молекулярная физика. Тепловые явления», глава 13 «Основы термодинамики».</p> <p>1. Сначала рассматривается параграф (§73) «Внутренняя энергия»:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– само понятие внутренней энергии ученики вспоминают из пройденного материала в предыдущих классах;</li><li>– далее рассматривается внутренняя энергия в молекулярно-кинетической теории;</li><li>– внутренняя энергия идеального одноатомного газа;</li><li>– зависимость внутренней энергии от макроскопических параметров;</li><li>– вопросы и задания для самопроверки.</li></ul> <p>2. Следующий параграф (§74) «Работа в термодинамике»:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– отличие работы в механике и термодинамике;</li><li>– рассматривается изменение внутренней энергии при совершении работы, приводятся примеры и опыты;</li><li>– геометрическое истолкование работы газа;</li></ul>	<p>Раздел «Молекулярная физика и термодинамика», глава 6 «Термодинамика».</p> <p>1. В первую очередь для изучения предлагается параграф (§31) «Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики»:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– дается определение «внутренней энергии»;</li><li>– в каких процессах и каким образом может меняться внутренняя энергия (при изменении температуры тела, при химических реакциях, при ядерных реакциях);</li><li>– приводится таблица примеров изменений внутренней энергии;</li><li>– закон сохранения энергии в тепловых явлениях (теплопередача, работа);</li><li>– две формулировки первого закона термодинамики, вывод формулы: <math display="block">\Delta U = A + Q;</math></li><li>– примеры применения первого закона термодинамики (изохорный процесс, изотермический процесс, адиабатный процесс, изобарный процесс);</li><li>– вопросы и задания для самопроверки.</li></ul> <p>2. Тепловые двигатели, холодильники и кондиционеры (§32):</p>

Продолжение таблицы 1

Учебник по физике (авт. Мякишев Г. Я.) 10 класс	Учебник по физике (авт. Генденштейн Л. Э.) 10 класс
<p>– после изучения темы даются вопросы к параграфу и образцы заданий ЕГЭ.</p> <p>3. Примеры решения задач по теме «Внутренняя энергия. Работа» предлагаются в §75.</p> <p>4. Количество теплоты. Уравнение теплового баланса (§76):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– предлагается вспомнить агрегатные состояния веществ; процессы, при которых происходят агрегатные превращения вещества; как можно изменить агрегатное состояние вещества;</li> <li>– даются понятия «теплообмен» и «количество теплоты»;</li> <li>– рассматривается формула количества теплоты: <math>Q = cm(t_2 - t_1)</math>;</li> <li>– рассматривается удельная теплоемкость;</li> <li>– удельная теплота парообразования;</li> <li>– удельная теплота плавления;</li> <li>– уравнение теплового баланса: <math>Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0</math>;</li> <li>– вопросы к параграфу для закрепления.</li> </ul> <p>5. В следующем параграфе (§77) даются примеры решения задач по теме «Количество теплоты. Уравнение теплового баланса».</p> <p>6. Первый закон термодинамики (§78):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формулировка закона сохранения энергии;</li> <li>– формулируется первый закон термодинамики и выводится формула: <math>\Delta U = A + Q</math>;</li> <li>– рассматривается невозможность создания вечного двигателя;</li> <li>– вопросы для повторения.</li> </ul> <p>7. Применение первого закона термодинамики к различным процессам (§79):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изохорный процесс: <math>V = const</math>;</li> <li>– изотермический процесс: <math>T = const</math>;</li> <li>– изобарный процесс: <math>P = const</math>;</li> <li>– более подробно рассматривается адиабатный процесс: <math>Q = 0</math>;</li> <li>– для закрепления материала даются вопросы к параграфу.</li> </ul> <p>8. Примеры решения задач по теме «Первый закон термодинамики» (§80).</p> <p>9. Второй закон термодинамики (§81):</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– преобразования энергии при работе теплового двигателя;</li> <li>– основные элементы теплового двигателя;</li> <li>– полезная работа теплового двигателя;</li> <li>– что называется коэффициентом полезного действия теплового двигателя;</li> <li>– максимально возможный КПД теплового двигателя;</li> <li>– как увеличить КПД теплового двигателя;</li> <li>– принцип работы холодильника, кондиционера и теплового насоса;</li> <li>– для закрепления материала предлагаются вопросы и задания.</li> </ul> <p>3. В параграфе §33 рассматривается второй закон термодинамики и охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– необратимость процессов и второй закон термодинамики;</li> <li>– обратимые и необратимые процессы;</li> <li>– механические явления;</li> <li>– тепловые явления;</li> <li>– необратимость реальных процессов;</li> <li>– формулировка второго закона термодинамики;</li> <li>– «вечный двигатель» второго рода;</li> <li>– энергетический и экологический кризисы;</li> <li>– охрана окружающей среды;</li> <li>– вопросы и задания для закрепления.</li> </ul> <p>4. Примеры решения задач по термодинамике (§34):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– представлены задачи по нахождению работы газа (при изобарном расширении, графическое нахождение работы газа, при циклическом процессе);</li> <li>– рассматриваются задачи на нахождение переданного газу количества теплоты (изохорное нагревание газов, изохорное и изобарное нагревание);</li> <li>– задачи на циклические процессы (простейший циклический процесс, вычисление КПД);</li> <li>– вопросы и задания для самопроверки.</li> </ul> <p>5. Фазовые переходы представлены в следующем параграфе (§35):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– плавление и кристаллизация (температура плавления, удельная температура плавления);</li> </ul>



## Окончание таблицы 1

Учебник по физике (авт. Мякишев Г. Я.) 10 класс	Учебник по физике (авт. Генденштейн Л. Э.) 10 класс
<ul style="list-style-type: none"> <li>– формулировка закона;</li> <li>– обратимый процесс;</li> <li>– равновесное состояние;</li> <li>– статистический характер второго закона термодинамики;</li> <li>– границы применимости второго закона термодинамики;</li> <li>– вопросы к параграфу.</li> </ul> <p>10. В следующем параграфе (§82) рассматривается принцип действия тепловых двигателей и коэффициент полезного действия тепловых двигателей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определение теплового двигателя;</li> <li>– принцип действия тепловых двигателей (приводится роль холодильника и понятие конденсатора);</li> <li>– определения «цикла»;</li> <li>– что называется коэффициентом полезного действия тепловых двигателей;</li> <li>– максимальное значение КПД тепловых двигателей;</li> <li>– охрана окружающей среды;</li> <li>– вопросы для самопроверки.</li> </ul> <p>11. Примеры решения задач по теме «КПД тепловых двигателей» (§83).</p> <p>12. Для закрепления материала всей главы предлагается план для повторения новых знаний.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– испарение и конденсация (удельная теплота парообразования, насыщенный и ненасыщенный пар, кипение, влажность);</li> <li>– вопросы и задания для закрепления материала.</li> </ul> <p>б. После всех параграфов данной главы идет закрепление «Главное в этой главе» и вопросы и задачи к главе «термодинамика».</p>

Таким образом, в изучении раздела «Основы термодинамики» по учебнику физики (Г. Я. Мякишев) и по учебнику физики (Л. Э. Генденштейн) существуют общие подходы:

1. Рассматривается внутренняя энергия, первый закон термодинамики, применение первого закона термодинамики к различным процессам, второй закон термодинамики, принцип работы тепловых двигателей, коэффициент полезного действия тепловых двигателей.

2. После каждого параграфа даются вопросы и задания для закрепления материала.

3. Предлагаются примеры решения задач по теме.

4. После главы даются вопросы и задания для повторения новых знаний по всей главе.

Отличия в изучении раздела «Основы термодинамики» заключаются в следующем:

1. В учебнике по физике (Г. Я. Мякишев) понятие «внутренняя энергия» рассматривается не сразу, а в подпункте «внутренняя энергия в молекулярно – кинетической теории», далее рассматривают внутреннюю энергию идеального одноатомного газа и зависимость внутренней энергии от макроскопических параметров. В учебнике по физике (Л. Э. Генденштейн) сразу дается понятие «внутренняя энергия» и далее подробно рассматривается в каких процессах и каким образом изменяется внутренняя энергия.

2. Первый закон термодинамики в учебнике физики (Л. Э. Генденштейн) сформулирован двумя разными способами, вывод формулы. Рассматриваются изохорный процесс, изотермический процесс, адиабатный процесс и изобарный процесс, но не так подробно, как в учебнике физики Г. Я. Мякишева.

3. В учебнике физики (Г. Я. Мякишев) первый закон термодинамики рассматривается только после изучения таких параграфов, как «Работа в термодинамике», «Количество теплоты. Уравнение теплового баланса». В параграфе «Первый закон термодинамики» дается формулировка закона сохранения энергии, после сформулирован сам закон термодинамики и вывод формулы. Так же кратко рассматривается невозможность создания вечного двигателя.

4. В учебнике по физике (Г. Я. Мякишев) практически после каждого параграфа предлагаются примеры решения задач. В учебнике по физике (Л. Э. Генденштейн) примеры решения задач по термодинамике рассматриваются только после изучения половины главы.

Таким образом, при изучении раздела «Основы термодинамики» необходимо обратить внимание на формирование теоретических знаний, таких понятий и законов как: внутренняя энергия, первый и второй законы

термодинамики, количество теплоты, применение первого закона термодинамики к различным процессам, принцип работы и коэффициент полезного действия тепловых двигателей. Для преподавания в школе по возможности следует использовать один из учебников как основной, а второй в качестве дополнительного материала, так как в них представлены разные подходы к изучению темы.

## 1.2 Анализ основных понятий по теме «Основы термодинамики»

В термодинамике все процессы рассматриваются с точки зрения происходящих внутри них преобразований энергии, а не с позиции механизма этих процессов.

Данный раздел описывает процессы, происходящие в природных макропроцессах с точки зрения превращения энергии, которая в них происходит. В этом смысле термодинамика – это очень общая, фундаментальная теория. На рисунке 1 представлены познавательные особенности термодинамики.

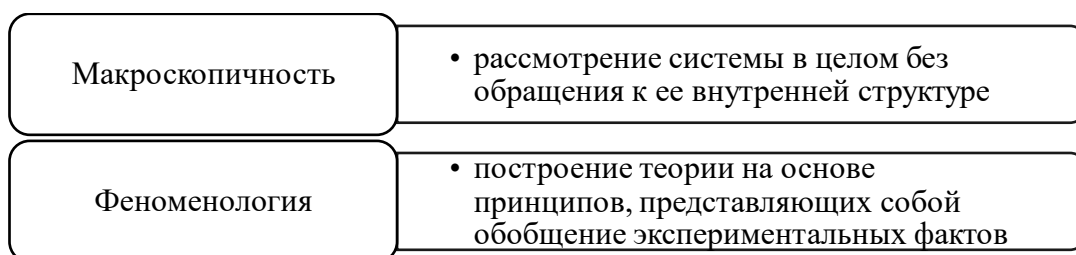


Рисунок 1 – Познавательные особенности термодинамики

Существуют разные формы энергии. Каждая форма присуща определенному виду движения материи.

В XIX веке, благодаря введению закона сохранения энергии и успехам молекулярно – кинетической теории, в науке возникло понятие «внутренняя энергия». Данный термин какое-то время имел неправильное понимание.

Для обозначения внутренней энергии с конца XIX века использовались следующие термины: «механическая энергия тела в определенном состоянии», «функция действия», «энергия тела» и т.д.

Понятие «теплота» чаще всего объединяет в себе несколько понятий: количество теплоты, которое тело получает или отдает; внутренняя энергия; тепловое движение. Методически не возможно использовать данное сочетание, потому что тогда первый закон термодинамики потеряет смысл. С помощью понятия внутренней энергии закон сохранения энергии распространился и на тепловые процессы.

Сумма кинетической и потенциальной энергии тел системы остается постоянной при механическом движении в изолированных системах тел, в которых нет сил трения и неупругих деформаций (1.1):

$$W_k + W_p = const. \quad (1.1)$$

Однако, если деформация частей системы является неупругой или происходит трение между ними, то полная механическая энергия системы постепенно уменьшается, а тела, находящиеся в системе, нагреваются. Таким образом это означает, что часть механической энергии преобразуется во внутреннюю, а средняя кинетическая энергия движения молекул увеличивается [35, с. 62].

Закон сохранения энергии был открыт, когда было доказано, что внутри макроскопических тел помимо механической энергии существует еще и внутренняя энергия. Эта энергия входит в общий баланс энергетических превращений в природе.

На льду, когда шайба останавливается в результате действия силы трения, хаотически движущимся молекулам льда и шайбы передается ее механическая энергия. При движении неровные поверхности трущихся тел деформируются, а интенсивность хаотического движения молекул повышается.

Об увеличении внутренней энергии двух тел свидетельствует то, что оба тела нагреваются.

В идеальном газе молекулы не взаимодействуют и поэтому потенциальную энергию они не имеют. Согласно этому, внутренняя энергия идеального газа равна сумме кинетических энергий хаотически движущихся молекул (1.2).

$$U = W_{k1} + W_{k2} + \dots + W_{kN} = N\langle W_k \rangle, \quad (1.2)$$

где  $N$  – число молекул газа, а  $\langle W_k \rangle$  – средняя кинетическая энергия их хаотического движения

Из формулы температуры (1.3):

$$T = \frac{2}{3} \frac{1}{k} \frac{m_0 \langle v \rangle^2}{2}, \quad (1.3)$$

находим для средней кинетической энергии молекул следующее выражение (1.4):

$$\langle W_k \rangle = \frac{m_0 \langle v \rangle^2}{2} = \frac{3}{2} kT. \quad (1.4)$$

Внутренняя энергия идеального газа, содержащего  $N$  молекул, в  $N$  раз больше энергии одной молекулы (1.5):

$$U = \frac{3}{2} NkT. \quad (1.5)$$

Из данной формулы мы видим, что внутренняя энергия идеальных газов определяется температурой и числом молекул. Она не зависит от объема и давления. Поэтому изменение внутренней энергии идеального газа происходит

только за счет изменения его температуры и не зависит от характера процесса перехода из одного состояния в другое.

Совсем другая ситуация происходит с реальными газами. Молекулы реальных газов обладают потенциальной энергией, так как взаимодействуют между собой. Исходя из этого следует, что внутренняя энергия реального газа равна сумме кинетических энергий хаотического движения молекул и потенциальной энергии их взаимодействия (1.6).

$$U = W_k + W_p. \quad (1.6)$$

Потенциальная энергия взаимодействия молекул зависит от расстояния между ними и объема газа. Именно поэтому, внутренняя энергия реальных газов зависит от занимаемого газом объема и от температуры [35, с. 64].

Молекулы реальных газов, помимо поступательного движения, могут вращаться и колебаться. Также с этими движениями связана определенная энергия, которая зависит от формы молекул. Форма молекул зависит от числа атомов, входящих в молекулу, и от их расположения.

Таким образом, внутренняя энергия реального газа зависит от его температуры, объема и структуры молекул. В виде формулы это можно записать так (1.7):

$$U_{\text{р.г.}} = \frac{3}{2}NkT + W_{\text{вращ.}} + W_p + W_{\text{колеб.}} \quad (1.7)$$

Термодинамика изучает перемещение частей макроскопического тела относительно друг друга, а не рассматривает движение тела как целого. В результате происходит преобразование объема тела, а его скорость не изменяется. Так же как и в механике, в термодинамике работа равна изменению внутренней энергии тела, а не кинетической энергии.

Изменение температуры в процессе сжатия газа происходит по следующей причине:

– кинетическая энергия молекул изменяется при их упругих соударениях с движущимся поршнем. При движении поршня навстречу молекулам, во время столкновений он передает им часть своей механической энергии, в результате чего газ нагревается. Поршень действует подобно футболисту, который встречает летящий мяч ударом ноги и сообщает мячу скорость, значительно большую той, которой он обладал до удара.

Если наоборот, газ расширяется, то скорости молекул уменьшаются после столкновения с удаляющимся поршнем, в результате чего газ охлаждается. Так же действует и футболист, для того, чтобы уменьшить скорость летящего мяча или остановить его, то нога футболиста движется от мяча, как бы уступая ему дорогу.

При сжатии и при расширении меняется среднее расстояние между молекулами, следовательно также меняется и средняя потенциальная энергия взаимодействия этих молекул.

На рисунке 2 изображено изменение объема газа в цилиндре под поршнем. Вычислим работу в зависимости от данного изменения.

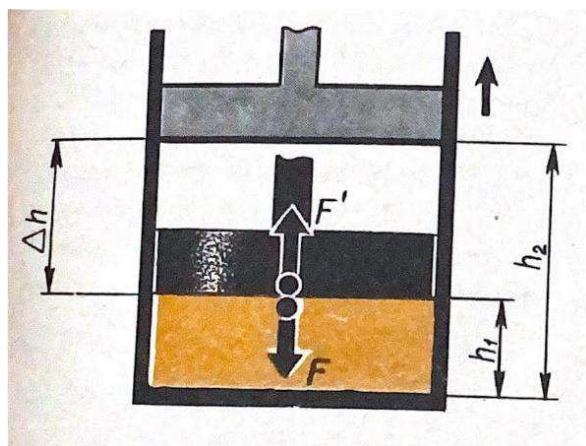


Рисунок 2 – Расширение газа в цилиндре под поршнем

Для начала легче вычислить работу, которую совершает сам газ, действуя на поршень с силой  $\vec{F}'$ , а после уже работу силы  $\vec{F}$ , действующей на газ со стороны внешнего тела. Согласно третьему закону Ньютона  $\vec{F}' = -\vec{F}$  [7, с. 55].

Действующей со стороны газа на поршень, модуль силы равен  $F' = pS$ , где  $p$  – давление газа, а  $S$  – площадь поршня. Газ расширяется и поршень смещается в направлении силы  $\vec{F}'$  на малое расстояние  $\Delta h = h_2 - h_1$ . Если перемещение мало, то давление газа можно считать постоянным [7, с. 56].

Работа газа равна:

$$A' = F' \Delta h = pS(h_2 - h_1) = p(Sh_2 - Sh_1). \quad (1.8)$$

Данная работа может быть выражена через изменение объема газа. Начальный объем  $V_1 = Sh_1$ , а конечный  $V_2 = Sh_2$ . Поэтому

$$A' = p(V_2 - V_1) = p\Delta V, \quad (1.9)$$

где  $\Delta V = V_2 - V_1$  – изменение объема газа.

Направления силы и перемещения поршня совпадают при расширении, поэтому газ выполняет положительную работу. В процессе расширения газ отдает энергию окружающим телам.

Если газ сжимается, то формула (1.9) для работы газа имеет место. Но теперь  $V_2 < V_1$ , и поэтому  $A' < 0$  (рисунок 3).

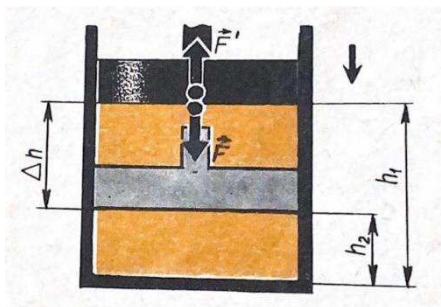


Рисунок 3 – Сжатие газа в цилиндре под поршнем



Работа  $A$ , совершаемая над газом внешними телами, отличается от работы  $A'$  только знаком:  $A = -A'$ , так как перемещение не изменяется, а сила  $F$ , действующая на газ, направлена против силы  $\vec{F}'$ . Следовательно работа внешних сил, действующих на газ, равна:

$$A = -A' = -p\Delta V. \quad (1.10)$$

Знак минус при сжатии газа, указывает на то, что работа внешней силы положительная. Поэтому, направления силы и перемещения совпадают при сжатии газа.

Внешние тела передают газу энергию при совершении над ним положительной работы. При расширении газа, наоборот, работа отрицательна ( $A < 0$ ), так как  $\Delta V = V_2 - V_1 > 0$ . Теперь направление силы и перемещения противоположно [7, с. 56].

Формулы (1.9) и (1.10) используются также для малого изменения объема любой системы. Данные формулы можно применять и для больших изменений объема, если процесс изобарный.

На рисунке 4 дается простое геометрическое истолкование, если давление постоянное, работе  $A'$  газа.

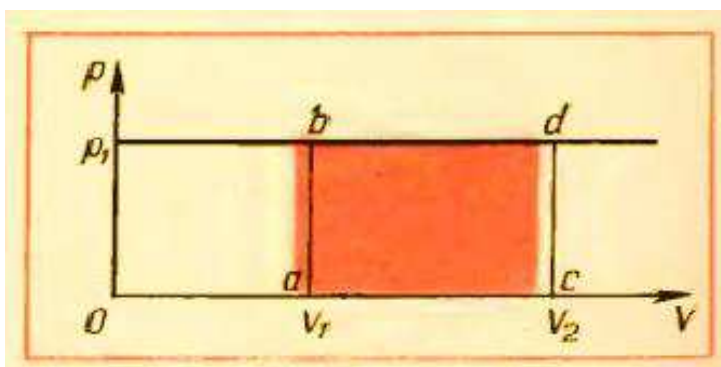


Рисунок 4 – График зависимости давления газа от объема

Площадь прямоугольника  $abdc$ , ограниченная графиком  $p_1 = const$ , осью  $V$  и отрезками  $ab$  и  $cd$ , равными давлению газа, численно равна работе.

$$A' = p_1(V_2 - V_1) = |ab| \cdot |cd|. \quad (1.11)$$

В общем случае давление газа изменяется. На рисунке 5 можно видеть, как давление убывает обратно пропорционально объему при изотермическом процессе [7, с. 57].

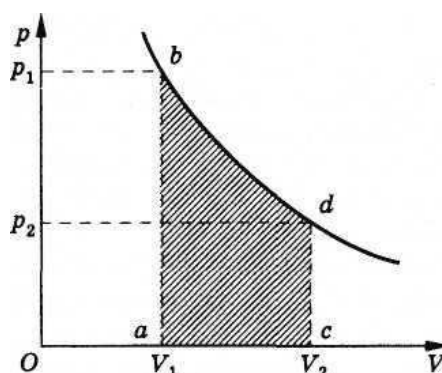


Рисунок 5 – График зависимости давления газа от объема при изотермическом процессе

Тогда, для того, чтобы вычислить работу нужно разделить общее изменение объема на малые части, определить элементарные работы и затем сложить их. Работа газа численно равна площади фигуры, ограниченной графиком зависимости  $p$  от  $V$ , осью  $V$  и отрезками  $ab$  и  $cd$ , равными давлениям  $p_1, p_2$  в начальном и конечном состояниях.

Совершая работу и нагревая газ в цилиндре можно изменить внутреннюю энергию.

Если закрепить поршень, то температура и внутренняя энергия будут возрастать, а объем газа не будет меняться.

Процесс передачи энергии от одного тела к другому, без совершения работы, называют теплообменом или теплопередачей.

В результате теплообмена, энергию, переданную телу, называют количеством теплоты, а также, энергию, которую тело отдает в процессе теплообмена.

При теплообмене между телами происходит взаимодействие медленно движущихся молекул холодного тела с более быстро движущимися молекулами горячего тела. В следствие чего, кинетические энергии выравниваются и скорости молекул холодного тела увеличиваются, а горячего уменьшаются.

При теплообмене не происходит превращения энергии из одной формы в другую: часть внутренней энергии горячего тела передается холодному телу.

Как уже известно, для того, чтобы нагреть тело массой  $m$  от температуры  $t_1$  до температуры  $t_2$  нужно передать ему некоторое количество теплоты:

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t. \quad (1.12)$$

Конечная температура тела становится меньше начальной, когда тело остывает и тогда количество теплоты, которое тело отдает, отрицательно. Коэффициент  $c$  из формулы (1.12) называют коэффициентом удельной теплоемкости. Удельная теплоемкость – это количество теплоты, которое получает или отдает 1 кг вещества при изменении его температуры на 1 К.

Удельная теплоемкость выражается в джоулях, деленных на произведение килограмм на кельвин. Различным телам требуется неодинаковое количество теплоты для увеличения температуры на 1 К. Например, удельная теплоемкость воды составляет 4190 Дж/(кг · К), а меди 380 Дж/(кг · К).

Удельная теплоемкость зависит не только от свойств вещества, но также и от процесса, при котором происходит теплопередача. Газ будет расширяться и совершать работу, если при постоянном давлении его нагревать. Для того, чтобы нагреть газ на 1°C при постоянном давлении, потребуется передать ему большее количество теплоты, чем для нагревания его при постоянном объеме.

Для того, чтобы превратить жидкость в пар, ей необходимо передать точное количество теплоты. При этом температура жидкости не изменяется. При постоянной температуре переход жидкости в пар не ведет к повышению кинетической энергии молекул, но при этом сопровождается увеличением их потенциальной энергии, так как среднее расстояние между молекулами газа во много раз больше, чем между молекулами жидкости.

Удельной теплотой парообразования называют количество теплоты, необходимое для преобразования 1 кг жидкости в пар при постоянной температуре [7, с. 58]. Данную величину в разных учебниках обозначают по-разному (рисунок 6).

в учебнике Буховцева Б. Б.	в учебнике Мякишева Г. Я.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• буквой <math>r</math></li> <li>• выражают в отношении джоулей на килограмм</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• буквой <math>L</math></li> <li>• выражают в отношении джоулей на килограмм</li> </ul>

Рисунок 6 – Обозначения в учебниках

Чтобы преобразовать жидкость в пар массой  $m$  требуется количество теплоты, равное:

$$Q_{\text{п}} = rm. \quad (1.13)$$

При конденсации пара происходит выделение такого же количества теплоты:

$$Q_{\text{к}} = -rm. \quad (1.14)$$

Вся подводимая к кристаллическому телу теплота при плавлении идет на увеличение потенциальной энергии молекул. Кинетическая энергия молекул не меняется, так как плавление происходит при постоянной температуре.

Удельной теплотой плавления называют количество теплоты  $\lambda^1$ , необходимое для превращения 1 кг кристаллического вещества при температуре плавления в жидкость той же температуры.

Количество теплоты требуемое для того, чтобы расплавить кристаллическое тело массой  $m$ :

$$Q_{\text{пл}} = \lambda m. \quad (1.15)$$

Выделяемое при кристаллизации тела количество теплоты, равно:

$$Q_{\text{кр}} = -\lambda m. \quad (1.16)$$

Термодинамическим процессом называется переход термодинамической системы из одного состояния в другое.

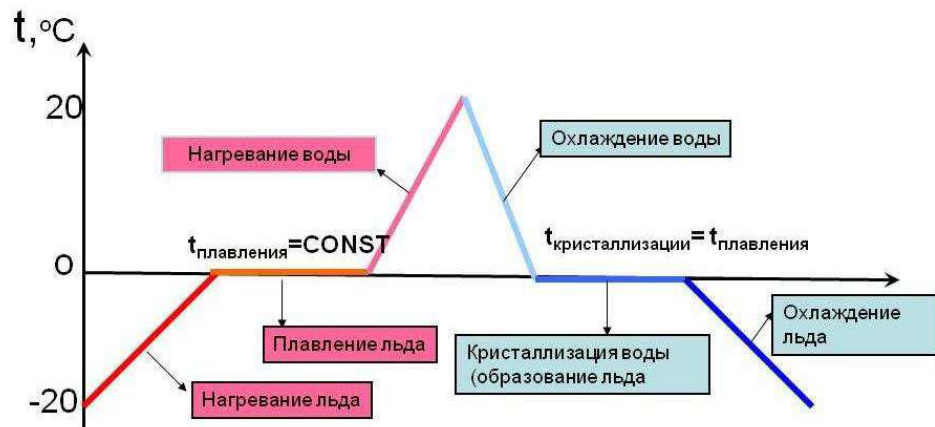
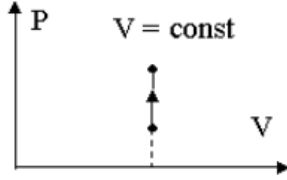
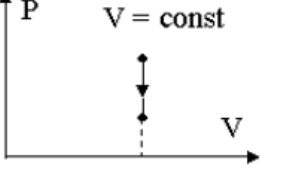


Рисунок 7 – График процессов изменения агрегатного состояния вещества

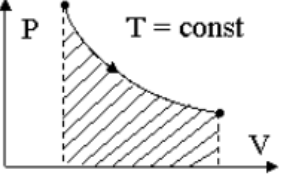
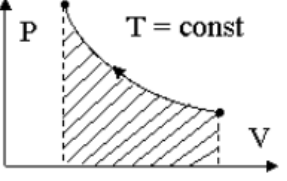
В таблице 2 подробно описан изохорный процесс, а конкретнее изохорное нагревание и изохорное охлаждение.

Таблица 2 – Изохорный процесс

ИЗОХОРНОЕ НАГРЕВАНИЕ		$\Delta T > 0; \Delta U > 0$ (внутренняя энергия увеличивается) $\Delta V = 0$ ; $A = 0$ ( $A = 0$ ) (работа не совершается) $Q > 0$ (тепло поглощается)	$\Delta U = Q$ Газ увеличивает свою внутреннюю энергию за счет теплоты, полученной из внешней среды
ИЗОХОРНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ		$\Delta T < 0; \Delta U < 0$ (внутренняя энергия уменьшается) $\Delta V = 0$ ; $A = 0$ ( $A = 0$ ) (работа не совершается) $Q < 0$ (тепло выделяется)	$-\Delta U = -Q$ Газ выделяет теплоту во внешнюю среду; при этом его внутренняя энергия уменьшается

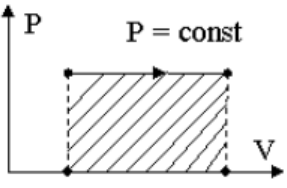
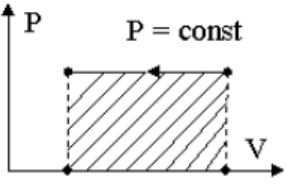
Изотермическое расширение и изотермическое сжатие представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Изотермический процесс

ИЗОТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ		$\Delta T = 0; \Delta U = 0$ (внутренняя энергия не изменяется) $A' > 0$ (газ совершает работу) $Q > 0$ (тепло поглощается)	$Q = A'$ Газ совершает работу за счет поглощения тепла из внешней среды (внутренняя энергия при этом не изменяется)
ИЗОТЕРМИЧЕСКОЕ СЖАТИЕ		$\Delta T = 0; \Delta U = 0$ (внутренняя энергия не изменяется) $A < 0$ ( $A > 0$ ) (над газом совершают работу) $Q < 0$ (тепло выделяется)	$0 = Q + A$ Над газом совершается работа, при этом газ выделяет тепло во внешнюю среду (внутренняя энергия не изменяется)

В таблице 4, нами были рассмотрены изобарное нагревание и изобарное охлаждение.

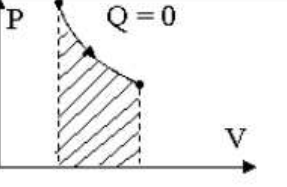
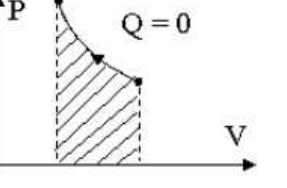
Таблица 4 – Изобарный процесс

<p>ИЗОБАРНОЕ НАГРЕВАНИЕ</p>		<p><math>\Delta T &gt; 0; \Delta U &gt; 0</math> (внутренняя энергия увеличивается) <math>A' &gt; 0</math> (газ совершает работу) <math>Q &gt; 0</math> (тепло поглощается)</p>	<p><math>Q = \Delta U + A'</math></p> <p>Газ получает тепло из внешней среды. Полученная таким образом энергия тратится на увеличение внутренней энергии и на совершение газом работы</p>
<p>ИЗОБАРНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ</p>		<p><math>\Delta T &lt; 0; \Delta U &lt; 0</math> (внутренняя энергия уменьшается) <math>A &lt; 0</math>  (<math>A &gt; 0</math>) (над газом совершают работу) <math>Q &lt; 0</math> (выделяется)</p>	<p><math>\Delta U = -Q + A</math></p> <p>Над газом совершается работа, при этом газ выделяет тепло во внешнюю среду, а его внутренняя энергия уменьшается</p>

Адиабатный процесс – процесс в теплоизолированной системе. Другими словами, процесс протекающий в системе, которая не обменивается теплотой с окружающими телами. Более подробно данный процесс рассмотрен в таблице 5.

Невозможно окружить систему оболочкой, которая абсолютно не пропускает тепло. Но иногда реальные процессы можно считать близкими к адиабатным. Для этого они должны происходить настолько быстро, чтобы за время процесса заметный теплообмен между системой и окружающими телами не успел произойти.

Таблица 5 – Адиабатный процесс

<p>АДИАБАТНОЕ РАСШИРЕНИЕ</p>		<p><math>\Delta T &lt; 0; \Delta U &lt; 0</math> (внутренняя энергия уменьшается) <math>A' &gt; 0</math> (газ совершает работу) <math>Q = 0</math> (нет теплообмена)</p>	<p><math>-\Delta U = A'</math></p> <p>Газ совершает работу только за счет своей внутренней энергии (внутренняя энергия при этом уменьшается)</p>
<p>АДИАБАТНОЕ СЖАТИЕ</p>		<p><math>\Delta T &gt; 0; \Delta U &gt; 0</math> (внутренняя энергия увеличивается) <math>A &lt; 0</math>  (<math>A &gt; 0</math>) (над газом совершают работу) <math>Q = 0</math> (нет теплообмена)</p>	<p><math>\Delta U = A</math></p> <p>Над газом совершается работа, при этом внутренняя энергия газа увеличивается</p>

В соответствии с первым законом термодинамики ( $\Delta U = A + Q$ ) изменение энергии любого тела системы равно количеству теплоты, полученной или отданной этим телом до достижения теплового равновесия внутри системы  $\Delta U_i = Q_i$ . Складывая такие выражения для всех тел системы и учитывая, что суммарная внутренняя энергия не меняется ( $\Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \dots = 0$ ), получим следующее уравнение:  $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$ .

Данное уравнение называется – уравнение теплового баланса. В нем  $Q_1, Q_2, Q_3 \dots$  – количества теплоты, полученные или отданные телами.

У большинства учащихся вызывает сложности составление уравнений. Особенно при решении задач на теплообмен между несколькими телами, учитывая изменения агрегатного состояния этих тел.

Прежде, чем перейти к рассмотрению приёмов решения задач по теме «Тепловые явления», следует отметить два важных замечания по методике изложения и изучения данной темы:

1. Необходимо сразу показать ученикам важность составления и записи уравнения теплового баланса в общем виде:  $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$ .

2. Научить различать процессы, сопровождающиеся выделением и поглощением теплоты, и подставлять в уравнение с учётом отданного и полученного количества теплоты.

Выделение	$Q = c \cdot m \cdot (t^0 - t_0^0)$		Поглощение
Сгорание топлива	$Q_{\text{сгор}} = -q \cdot m$		-
Кристаллизация	$Q_{\text{крист}} = -\lambda \cdot m$	$Q_{\text{плав}} = \lambda \cdot m$	Плавление
Конденсация	$Q_{\text{конд}} = -L \cdot m$	$Q_{\text{пар}} = L \cdot m$	Парообразование

Рисунок 8 – Выделение и поглощение теплоты



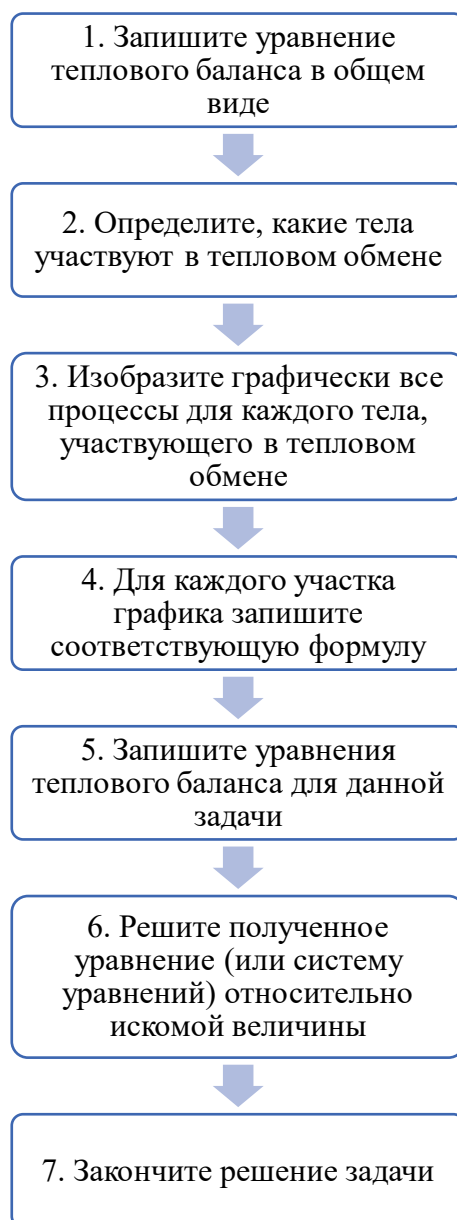


Схема 1 – Алгоритм решения задач на уравнение теплового баланса

Первый закон термодинамики – закон превращения и сохранения энергии в тепловых процессах [35, с. 70].

Рассмотрим изолированную систему, которая в результате какого-либо процесса сделала переход из состояния 1 в состояние 2. Процесс  $1 \rightarrow 2$  называют обратимым, если существует такой процесс, в результате которого система самостоятельно возвратится из состояния 2 в состояние 1, да так, что никаких других изменений в системе не произойдет.

Примерами обратимых процессов служат все механические процессы, которые протекают в изолированных системах при отсутствии трения и неупругих деформаций. Например, маятник, подвешенный на подвесе без трения в вакууме, переходит из состояния 1 в состояние 2, а затем, пройдя все те же промежуточные состояния, возвращается в состояние 1 (рисунок 9).

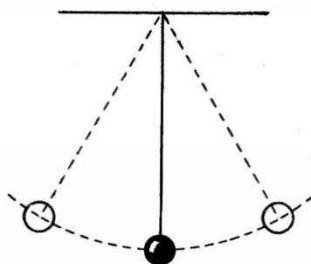


Рисунок 9 – Маятник на подвесе без трения в вакууме

Процесс  $1 \rightarrow 2$  называется необратимым, если после перехода изолированной системы в результате какого – то процесса из состояния 1 в состояние 2 не происходит обратного процесса, то есть в результате которого система самопроизвольно могла бы возвратиться в первоначальное состояние так, чтобы никаких других изменений в системе не произошло [35, с. 72].

Например, процесс теплопередачи, в котором теплота может переходить от более нагретого тела к менее нагретому. Но самопроизвольно переходить в обратном направлении теплота не может. Газ расширяется, если ему предоставить большой объем, но обратный процесс самопроизвольного сжатия невозможен.

Существование необратимых процессов является характерной особенностью не только молекулярных явлений, но и всех реальных процессов в природе и технике.

Из необратимости тепловых процессов следует, что внутренняя энергия не может самопроизвольно переходить от тела с меньшей температурой к телу с большей температурой. Данное положение называется вторым законом термодинамики [12].

Второй закон указывает направление возможных энергетических превращений. Важность этого закона состоит в том, что из него можно вывести заключение о необратимости не только процесса теплопередачи, но и других процессов в природе. Если бы теплота в каких – либо случаях могла самопроизвольно передаваться от холодных тел к горячим, то это позволило бы сделать обратимыми и другие процессы.

Первым интернациональным изобретением была паровая машина – первый тепловой двигатель. Различные по конструкции и назначению паровые машины разработали следующие ученые (рисунок 10):

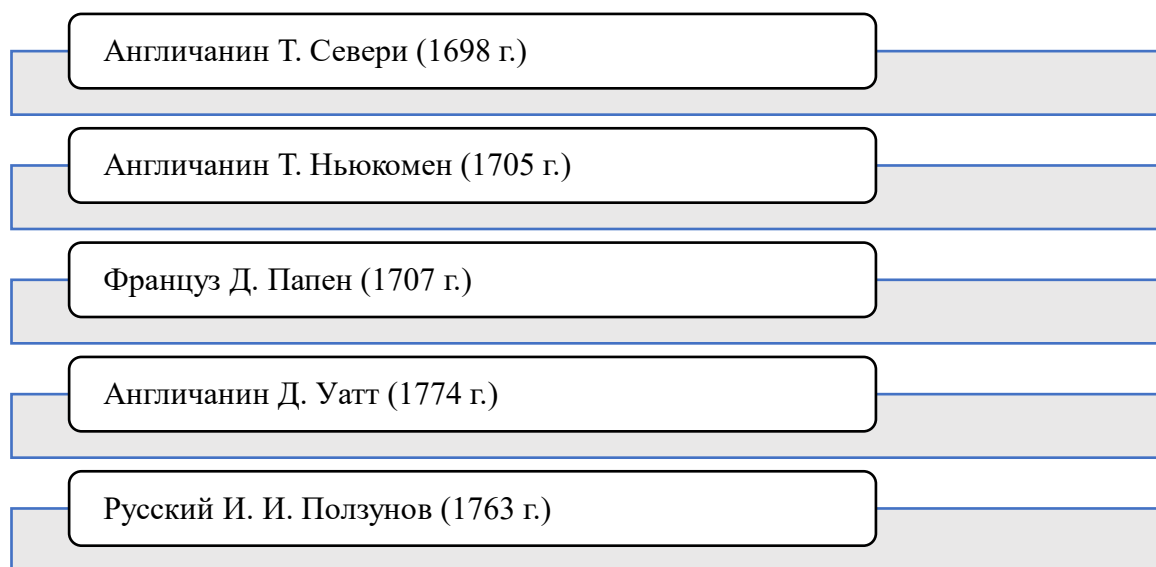


Рисунок 10 – Ученые, разработавшие паровые машины

Огромный вклад для развития науки и техники внесло изобретение Уатта, которое совпало по времени с бурным развитием промышленности в Англии.

В 1860 году, почти через сто лет после изобретения универсальной паровой машины Ползуновым и Уаттом, французский изобретатель Ленуар сконструировал первый двухтактный двигатель внутреннего сгорания. Через 16 лет, в 1876 году, немецкий конструктор Н. Отто построил первый четырехтактный двигатель.

Кроме того, несмотря на большое разнообразие видов тепловых двигателей, все они в основном имеют общий принцип действия.

1. В любом тепловом двигателе происходит преобразование энергии топлива в механическую энергию. При этом энергия топлива сначала превращается во внутреннюю энергию газов или пара, нагретых до высокой температуры.

2. Для работы теплового двигателя необходимо наличие двух тел с различными температурами (рис. 11). Они называются нагревателем и холодильником. Кроме того, необходимо рабочее тело (пар или газ).

– в процессе работы теплового двигателя рабочее тело забирает у нагревателя некоторое количество теплоты и превращает часть его в механическую энергию, а непревращенную часть теплоты передает холодильнику. По закону превращения и сохранения энергии.

3. Работа любого теплового двигателя состоит из повторяющихся циклов изменения состояния рабочего тела. Каждый же цикл состоит из разных процессов: получения энергии от нагревателя, рабочего хода и передачи неиспользованной части энергии холодильнику.

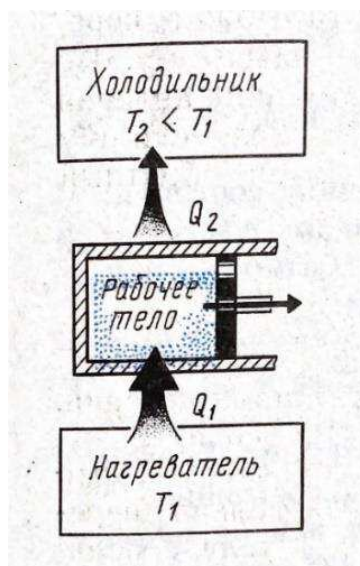


Рисунок 11 – Принцип работы теплового двигателя

Коэффициентом полезного действия теплового двигателя называют – отношение того количества энергии, которое было потрачено на выполнение полезной работы двигателя, ко всей энергии, выделившейся при сгорании топлива [30, с. 50].

$$\eta = \frac{A'}{|Q_1|} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}. \quad (1.18)$$

Во всех случаях  $\eta < 1$  ( $\eta \approx 38 - 42\%$ ), так как у всех двигателей определенное количество теплоты передается холодильнику [17, с. 75].

Так как при  $T_1 - T_2 = 0$  двигатель не может работать, следовательно КПД теплового двигателя должен быть пропорционален разности температур нагревателя и холодильника [7, с. 68].

Четырехкратный цикл работы идеального двигателя в своей работе описал С. Карно. Он доказал, что КПД идеального двигателя зависит только от температур нагревателя и холодильника и может быть рассчитан по формуле (1.19):

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%. \quad (1.19)$$

Данная формула является верной только для цикла Карно. В реальных двигателях не осуществляется цикл, состоящий из идеальных изотермических и адиабатных процессов. Кроме того, существуют различного рода потери энергии на трение, рассеяние и т. д., поэтому:  $\eta_{\text{реал}} < \eta_{\text{Карно}}$ .

Если бы было возможно осуществить цикл Карно или цикл идеального двигателя, КПД этого двигателя был бы  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ .

На рисунке 12 изображен Цикл Карно, состоящий из двух адиабат и двух изотерм.



Рисунок 12 – График цикла Карно

Тепловые двигатели имеют важное значение в жизни человеческого общества. Большое значение имеет использование тепловых двигателей на тепловых электростанциях, где они приводят в движение роторы генераторов электрического тока. В нашей стране более 80% всей электроэнергии вырабатывается именно на тепловых электростанциях [31].

Также на всех атомных электростанциях устанавливают паровые турбины. Необходимо также проводить ряд мероприятий по охране окружающей среды. Следует повышать эффективность сооружений, препятствующих выбросу вредных веществ в атмосферу; добиваться более полного сгорания топлива в автомобильных двигателях.

Энергия обеспечивает развитие цивилизации и жизнь каждого человека в наше время. Факторы, которые негативно воздействуют на окружающую среду при эксплуатации тепловых двигателей, представлены на рисунке 13.



Рисунок 13 – Факторы, негативно воздействующие на окружающую среду

Таким образом, при изучении раздела «Основы термодинамики» у учащихся должны быть сформированы следующие базовые понятия: термодинамика, виды энергии, теплота, внутренняя энергия идеального газа, теплопередача, коэффициент удельной теплоемкости. Кроме этого рассмотрено, изменение внутренней энергии тел, уравнение теплового баланса, первый и второй законы термодинамики, изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. Учащиеся должны понимать, в чем сущность всех изотермических процессов, а также уметь их отличать.

### 1.3 Методика изучения основных понятий

Еще из курса физики средней школы учащимся известно понятие о внутренней энергии. Однако, в связи с тем, что молекулярную теорию изучали поверхностно, в старшей школе должно быть продолжено формирование понятия о внутренней энергии [19].

Используя выражение для средней кинетической энергии молекулы ( $\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2}kT$ ), возможно оценить количественно внутреннюю энергию идеального газа.

Внутренняя энергия одного моля газа равна:

$$U = \frac{3}{2} N_A kT. \quad (1.20)$$

Для закрепления знаний о внутренней энергии учащимся полезно выполнить некоторые упражнения:

- Подсчитать изменение внутренней энергии 0,3 кг кислорода, находящегося в закрытом сосуде, при его охлаждении на 10°C;
- Определить изменение внутренней энергии воздуха в камере волейбольного мяча, внесенного с улицы ( $t_1 = -10^\circ\text{C}$ ) в помещение ( $t_2 = 20^\circ\text{C}$ ), если масса воздуха в нем 10 г.

Пользуясь формулой (1.20) можно показать учащимся, каким огромным запасом внутренней энергии обладает земная атмосфера ( $m = 10^{18}$  кг). Можно также оценить приблизительно энергию морей и океанов ( $m = 10^{21}$  кг).

Однако, эти запасы энергии не могут быть причислены к энергетическим ресурсам, так как возможности использования внутренней энергии существенно отличаются от использования механической энергии. И эти особенности использования внутренней энергии должны быть предметом изучения в данной теме, что послужит дальнейшему углублению знаний учащихся о внутренней энергии – основным видом энергии, используемым в настоящее время на земном шаре.

Возникает проблема, которую следует поставить перед учащимися: выяснить, как наиболее эффективно может быть использована внутренняя энергия тел.

Чтобы решить данную проблему учащимся нужно напомнить о том, что существует два способа, которыми можно уменьшить энергию одного тела и передать ее другому телу (рисунок 14).



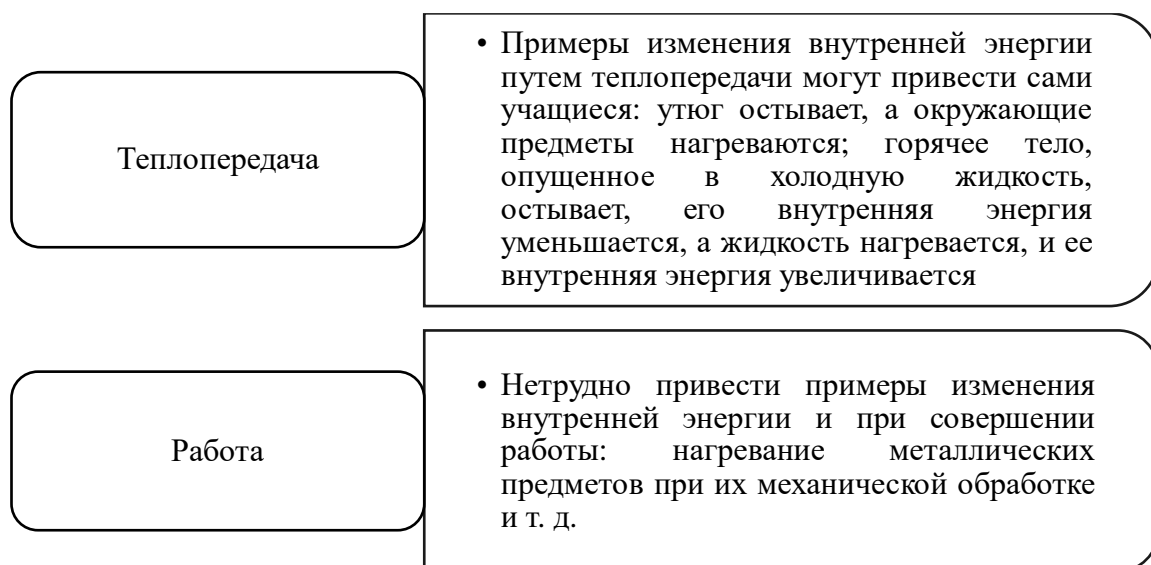


Рисунок 14 – Примеры изменения внутренней энергии тел с помощью теплопередачи и совершения работы

Как изменяется внутренняя энергия при теплопередаче, разобраться и понять помогут опыты:

Опыт 1. Касаются руками стенок колбы дилатометра и наблюдают, как перемещается подкрашенная капля воды в трубке. Явление объясняют расширением воздуха при нагревании. Нагревание воздуха свидетельствует об увеличении скорости беспорядочного движения молекул, а значит и их кинетической энергии, составляющей часть внутренней энергии тела.

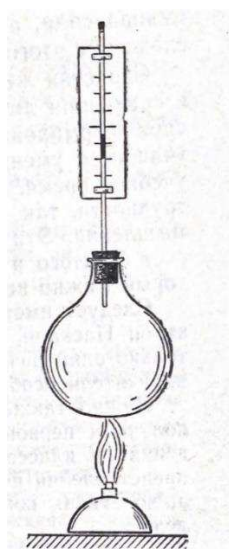


Рисунок 15 – Опыт 1 изменения внутренней энергии при помощи теплопередачи

Опыт 2. Вода в чайнике, поставленном на плиту, закипает. Воздух и различные предметы в комнате нагреваются от радиатора центрального отопления. Внутренняя энергия в этих случаях увеличивается, так как повышается температура тел.



Рисунок 16 – Опыт 2 изменения внутренней энергии при помощи теплопередачи

Также, желательно показать на опыте как изменяется внутренняя энергия при совершении работы.

Опыт 1. Баллон, зажатый в штатив и соединенный с манометрической трубкой, натирают сукном и наблюдают изменение уровня жидкости в трубках манометра. Явление объясняют расширением воздуха в баллоне, которое обусловлено увеличением кинетической энергии молекул воздуха.

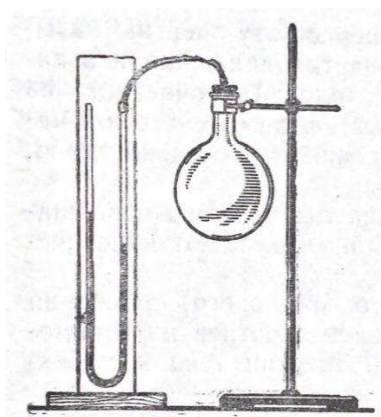


Рисунок 17 – Опыт 1 изменение внутренней энергии при помощи работы

Опыт 2. На наковальню помещают небольшой кусок меди, предварительно положив под него лист бумаги (теплоизоляция). Резко ударяют по куску меди молотком 8 – 10 раз, после чего кладут его на термоскоп, соединенный с манометром, наполненным подкрашенным спиртом. Разность уровней спирта в манометре достигает при этом 1,5 – 2 см. В опыте с горизонтально расположенной трубкой результат заметен еще лучше.

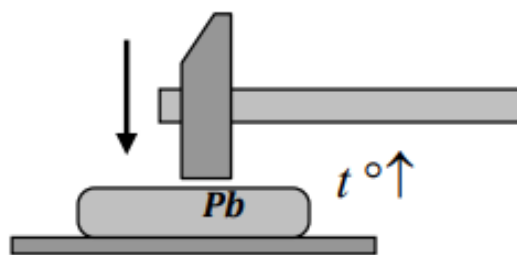


Рисунок 18 – Опыт 2 изменение внутренней энергии при помощи работы

Следует рассмотреть с учащимися и противоположные процессы, при которых внутренняя энергия тела уменьшается. При теплообмене нагретого утюга с окружающим воздухом его внутренняя энергия уменьшается, о чем можно судить по понижению температуры утюга с течением времени.

При изучении первого закона термодинамики, очень важно объяснить учащимся, что теплопередача и работа – эквивалентны [14, с. 54].

Если над телом будет совершена некоторая работа в 1 Дж, то его внутренняя энергия изменится точно так же, как и при передаче ему количества теплоты, равного 1 Дж.

Если тело совершает работу в 1 Дж, то его внутренняя энергия изменяется настолько же, как и при передаче им другому телу количества теплоты, равного 1 Дж.

В случае, когда единственным процессом изменения внутренней энергии является теплопередача, на основании закона сохранения энергии можно говорить, что количество теплоты  $Q$  поглощенное или выделенное в этом процессе, равно изменению внутренней энергии тела:  $Q = \Delta U$ .

У учащихся уже имеются знания о том, что работа может быть совершена только при перемещении тел под действием силы. Тела, которые находятся в нагретом состоянии расширяются и это неизбежно связано с движением одних частей тела относительно других. Из этого следует, что расширяющиеся тела способны совершить работу. Это желательно продемонстрировать на каком-либо опыте, например, с расширяющимся стержнем, действующим на стрелку (рисунок 19) [14, с. 54]:

Перемещение стрелки *a* вызывается расширением стержня *b* при его нагревании. В начальное положение стрелка возвращается пружиной *c*.

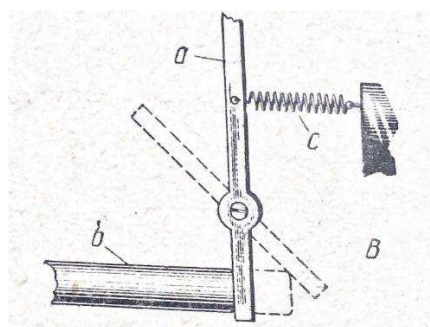


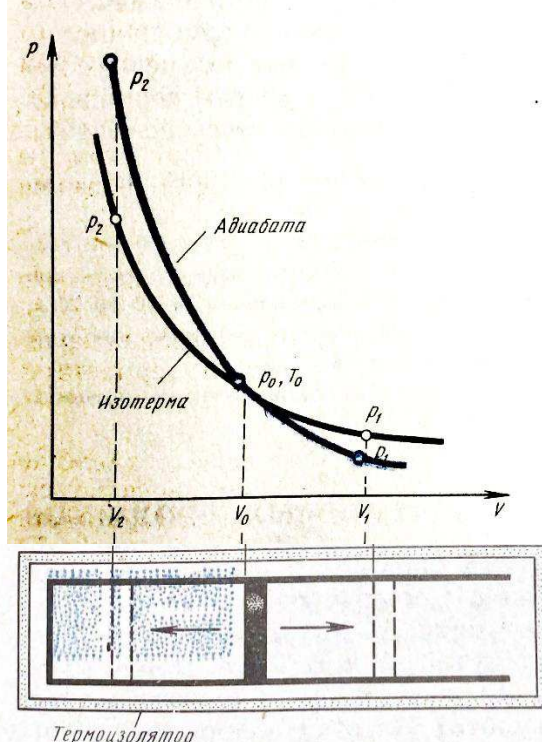
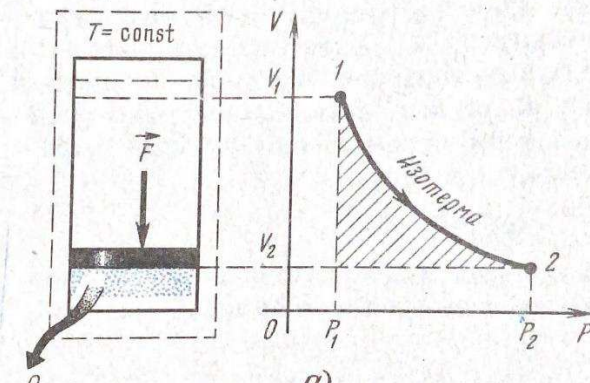
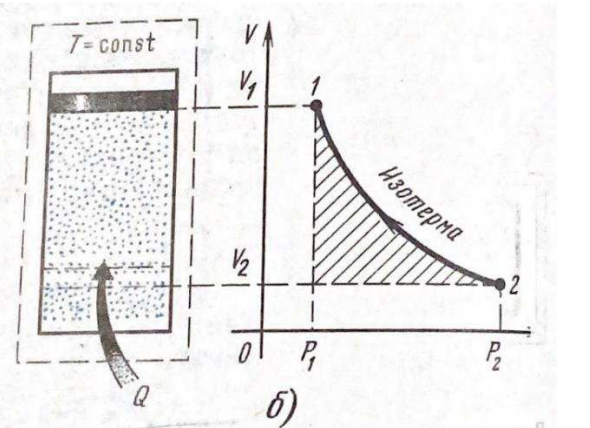

Рисунок 19 – Опыт с расширяющимся стержнем

Существует методическая проблема: на какие из процессов расширения газа следует обратить особое внимание.

Школьники уже изучали четыре процесса: изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный. Максимальная работа может быть совершена при таких процессах, в которых отсутствует контакт горячего тела с холодным, так как именно при нем происходит теплопередача без совершения работы. Такими процессами являются изотермический и адиабатный.

В первом процессе расширение газа происходит при постоянной температуре, а во втором – газ расширяется, если он изолирован от окружающих тел.

Таблица 6 – Различие адиабатного и изотермического процессов

Адиабатный процесс	Изотермический процесс
<p>Процесс, при котором исключен теплообмен с окружающей средой.  <math>PV^\gamma = const</math> – уравнение Пуассона.</p>	<p>Процесс перехода газа из одного состояния в другое при постоянной температуре.  <math>PV = const</math></p>
$P \sim \frac{1}{V^\gamma}$ $\gamma = 1,4.$	$P \sim \frac{1}{V}$
	<p>Р уменьшается только за счет увеличения V.          Медленное сжатие газа:</p>  <p style="text-align: center;">а)</p>
$V \downarrow P \uparrow T \uparrow$	<p>Медленное понижение давления:</p>  <p style="text-align: center;">б)</p> <p style="text-align: center;">Изотермический процесс</p>  <p style="text-align: center;">Термостат</p> $V \downarrow P \uparrow T = const$

Прежде, чем перейти к изучению адиабатного процесса, необходимо рассмотреть вопрос, как можно его осуществить. Для этого цилиндр, в котором расширяется газ, и поршень должны быть сделаны из теплоизолирующего

материала. Распределение давления газа в цилиндре будет регулироваться весом самого поршня и груза, который находится на нем. При постепенном снятии грузов с поршня, газ будет расширяться и совершать работу без теплообмена с окружающей средой.

Применяя первый закон термодинамики к этому процессу, получают  $\Delta U = -A_r$ . Изменение внутренней энергии, с точки зрения адиабатного процесса, равно работе газа, взятой с противоположным знаком. Адиабатное расширение газа приводит к понижению температуры газа, а сжатие к повышению. Следует обратить особое внимание учащихся на то, что адиабатный процесс происходит за счет скорости протекания процесса, а не благодаря теплоизоляции. Если процесс идет слишком быстро, то теплопередача почти не происходит [14, с. 55].

Также можно рассмотреть с учениками адиабатное охлаждение воздуха в атмосфере. При быстром подъеме в верхние слои атмосферы воздух, нагретый у поверхности Земли, расширяется и охлаждается. В нем образуются водяные пары, которые конденсируются в небольшие капли и кристаллики, образуя облака.

Далее нужно выяснить с учениками, как можно осуществить изотермический процесс.

Пусть сжатый газ находится в цилиндре под нагруженным поршнем, который уравнивает давление газа. Дно цилиндра, соприкасающееся с нагревателем, изготовлено из материала, обладающего очень высокой теплопроводностью. Благодаря этому газ в цилиндре будет иметь температуру нагревателя. Если постепенно снимать нагрузку с поршня, газ начнет расширяться и, поднимая поршень, совершать работу. При этом внутренняя энергия газа уменьшится, и его температура понизится.

При малейшем понижении температуры газа сразу же начнется переход к нему такого количества теплоты от нагревателя, которое снова выровняет их температуры. Вследствие этого температура газа в процессе такого медленного расширения останется неизменной.

Для того, чтобы реализовать данный процесс, необходимо, чтобы температура нагревателя не менялась, когда газ получает некоторое количество теплоты от него. Это возможно только при условии большой теплоемкости нагревателя. Тело, которое имеет такую большую теплоемкость, при которой отдача или получение тепла не приводит к изменению его температуры, называют термостатом.

В программу данной темы входит изучение тепловых двигателей. В средней школе учащиеся изучили устройство и действие двигателя внутреннего сгорания, а также они имеют некоторое представление о работе паровых турбин.

В старшей школе основы работы двигателей изучают более подробно на конкретных примерах.

Также нужно познакомить их с некоторыми параметрами тепловых двигателей, такими, как мощность современных двигателей и их КПД.

В методике часто поднимается вопрос о необходимости изучения учащимися второго закона термодинамики, хотя бы в ознакомительном виде.

Таким образом, при изучении данной темы следует обратить внимание, что еще из курса физики средней школы учащимся известно понятие о внутренней энергии. Кроме этого, учащимся нужно напомнить о том, что существует два способа, которыми можно уменьшить энергию одного тела и передать ее другому телу, обосновав это опытами. Также важно объяснить учащимся, применение первого закона термодинамики к различным процессам. Обязательно следует рассмотреть различия адиабатного и изотермического процессов.

## 2 Формирование практических умений при изучении раздела «Основы термодинамики»

### 2.1 Проверка имеющихся знаний учащихся по разделу «Основы термодинамики»

В ходе исследования нами был разработан элективный курс, который предназначен для учащихся 10 классов, при изучении раздела «Основы термодинамики». Методика, использованная в данном элективном курсе, положительно повлияла на результат изучения и понимания данной темы.

Для начала, мы провели проверку уже имеющихся знаний, учащихся по разделу «Основы термодинамики» с помощью анкетирования. Учащимся необходимо было ответить (да/нет) на утверждения, представленные в таблице 7.

Таблица 7 – Анкета по разделу «Основы термодинамики»

	Утверждения	Да	Нет
1.	При кристаллизации вещества некоторое количество теплоты отдается в окружающую среду.		
2.	При постоянной температуре работа идеального газа при расширении возрастает с увеличением его объема.		
3.	Внутренняя энергия постоянной массы идеального газа в изотермическом процессе всегда увеличивается		
4.	В процессе плавления постоянной массы вещества его внутренняя энергия уменьшается.		
5.	При изотермическом расширении постоянной массы идеального газа его внутренняя энергия уменьшается.		
6.	Температура плавления кристаллических тел зависит от их массы.		



7.	Адиабатное расширение газа сопровождается понижением его температуры.		
----	---	--	--

Продолжение таблицы 7

8.	В процессе кристаллизации постоянной массы вещества его внутренняя энергия увеличивается.		
9.	Теплопередача путем теплопроводности происходит за счет переноса вещества в струях и потоках.		
10.	КПД идеальной тепловой машины с заданным холодильником понижается с повышением температуры нагревателя.		
11.	При плавлении вещества некоторое количество теплоты отдается в окружающую среду.		
12.	При подъеме железного гвоздя с пола на стол его внутренняя энергия не изменяется.		
13.	Увеличить внутреннюю энергию идеального газа можно только передав ему некоторое количество теплоты.		

Результат первичного анкетирования по разделу «Основы термодинамики» приведен ниже на диаграмме (рисунок 20).



Рисунок 20 – Процентное соотношение ответов

По данным изображенным на диаграмме наглядно видим, что у учащихся возникли некоторые трудности при ответах на вопросы анкетирования. Правильные ответы в процентном соотношении составили 61%, а неправильные 39%. Нами был сделан вывод, что у учащихся 10 класса недостаточно знаний по разделу «Основы термодинамики».

По итогам первичного анкетирования нами был разработан элективный курс, состоящий из 6 уроков и каждый из которых направлен на формирование теоретических знаний и практических умений при изучении раздела «Основы термодинамики».

- На первом и втором занятиях был рассмотрен основной теоретический материал по разделу «Основы термодинамики»: понятия, формулы, законы;

- Третий урок был полностью посвящен решению качественных, количественных и графических задач;

- На четвертом уроке были проведены лабораторные работы по теме исследования;

- Пятое занятие было посвящено прохождению квеста «Письмо из Хогвартса», в котором нужно было проявить смекалку, умение применять имеющиеся знания и решать задачи. Данный квест приведен в приложении А;

- На шестом, заключительном уроке, мы подвели итоги, провели вторичное анкетирование с учащимися и применили приемы оценивания образовательных результатов школьников. Благодаря данным приемам мы выяснили, что следует повторить и на чем сделать дополнительный упор при повторении материала.

При проведении вторичного анкетирования на последнем занятии, учащимся нужно было ответить на некоторые вопросы (да/нет) приведенные в таблице 8. При этом мы выяснили, что материал по разделу «Основы термодинамики» усвоен достаточно хорошо. Это следует из сравнения

процента усвоения материала, с 61% поднялся до 82%, что свидетельствует о необходимости проведения такого рода занятий.

Таблица 8 – Вопросы для повторного анкетирования по разделу «Основы термодинамики»

	Утверждения	Да	Нет
1.	При плавлении вещества некоторое количество теплоты отдается в окружающую среду.		
2.	При постоянной температуре работа идеального газа при расширении уменьшается с увеличением его объема.		
3.	Внутренняя энергия постоянной массы идеального газа в изотермическом процессе всегда уменьшается.		
4.	В процессе плавления постоянной массы вещества его внутренняя энергия увеличивается.		
5.	При изотермическом сжатии постоянной массы идеального газа его внутренняя энергия уменьшается.		
6.	Температура плавления кристаллических тел не зависит от их массы.		
7.	Адиабатное расширение газа сопровождается повышением его температуры.		
8.	В процессе кристаллизации постоянной массы вещества его внутренняя энергия уменьшается.		
9.	Теплопередача путем теплопроводности происходит без переноса вещества вдоль тела.		
10.	КПД идеальной тепловой машины с заданным холодильником повышается с понижением температуры нагревателя.		
11.	При кристаллизации вещества некоторое количество теплоты отдается в окружающую среду.		
12.	При подъеме железного гвоздя с пола на стол его внутренняя энергия увеличивается.		
13.	Изменить внутреннюю энергию идеального газа можно только		

	передав ему некоторое количество теплоты		
--	--	--	--

Результаты данного анкетирования приведены на рисунке 22.



Рисунок 22 – Процентное соотношение ответов повторного анкетирования

Правильные ответы повторного анкетирования в процентном соотношении составили 82%, а неправильные 18%. Следовательно, можно сделать вывод, что, благодаря элективному курсу, который был направлен на формирование теоретических знаний и практических умений по разделу «Основы термодинамики», учащиеся достаточно хорошо и в полном объеме усвоили изученный материал.

Таким образом, исходя из итогов анкетирования, при разработке элективного курса нами был сделан упор на формирование практических умений школьников при изучении раздела «Основы термодинамики». Мы выяснили, что для лучшего формирования у учащихся знаний и умений, следует использовать различные формы деятельности. Решение задач, самостоятельное проведение опытов, прохождение квеста и необычное подведение итогов с использованием приемов вызывают интерес у учащихся к изучению физики. Данный курс был разработан на основе доступности,

наглядности, научности и системности, благодаря чему, данная тема была изучена более эффективно.

## **2.2 Содержательная часть элективного курса и методические рекомендации по формированию практических умений при изучении раздела «Основы термодинамики» в 10 классе**

Решение задач на тепловые явления основано на уравнении закона сохранения и превращения энергии, учитывая формулы изменения внутренней энергии тел. При решении задач особое внимание следует обратить на различие между изменением внутренней энергии и количеством теплоты, а также на выбор системы тел, для которой составляется уравнение. При числовых расчетах в задачах, связанных с превращением энергии из одного вида в другой, у учащихся часто возникают затруднения. Обязательно нужно помнить, что все величины должны быть выражены в одних единицах.

Задачи об изменении внутренней энергии тел можно разбить на три группы.

Рассматривают такие явления, где в изолированной системе при взаимодействии тел изменяется лишь их внутренняя энергия без совершения работы над внешней средой. Одни из тел, которые участвуют в обмене, при этом охлаждаются, другие – нагреваются.

Согласно закону сохранения и превращения энергии для тел, внутренняя энергия которых уменьшается или возрастает, можно записать так:

$$Q = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots + \Delta U_n.$$

Правила решения данных задач состоят в следующем:

1. Прочитав условие задачи, нужно установить, у каких тел внутренняя энергия уменьшается, а у каких возрастает. Особое внимание следует обратить на то, происходят ли в процессе теплообмена агрегатные превращения или нет
2. Составить уравнение для тел, энергия которых уменьшается и уравнение для тел, у которых энергия возрастает.
3. Приравнять полученные суммы.

Рассматривают явления, связанные с превращением одного вида энергии в другой при взаимодействии двух тел. Результатом такого взаимодействия, является изменение внутренней энергии одного тела вследствие совершенной им или над ним работы.

Уравнение закона сохранения и превращения энергии имеет вид:  
 $\Delta U + A = 0$ .

Такие задачи удобнее решать по схеме:

1. Установить, у какого из двух взаимодействующих тел изменяется внутренняя энергия и что является причиной изменения. Следует убедиться, что в процессе взаимодействия теплота извне не подводится.

2. Записать уравнение для тела, у которого изменяется внутренняя энергия, учитывая знак перед  $A$  и КПД рассматриваемого процесса.

3. Подставляя в исходное уравнение вместо  $A$  и  $\Delta U$  выражения, получим окончательное соотношение для определения искомой величины.

4. Далее выписать числовые значения известных величин, проверить число неизвестных в уравнениях и решать систему уравнений относительно искомой величины.

Задачи третьей группы объединяют в себе две предыдущие.

Рассматривают взаимодействие трех и более тел. В процессе такого взаимодействия к одному из тел подводится некоторое количество теплоты, в результате чего изменяется его внутренняя энергия и совершается работа.

Для решения этих задач следует составить полное уравнение закона сохранения и превращения энергии:  $Q = \Delta U + A$ .

Рассмотрим несколько примеров решения задач на тепловые явления.

**Пример 1.** В калориметре находится лёд массой 1 кг при температуре  $t_1 = -40\text{ }^\circ\text{C}$ . В калориметр пускают пар массой 1 кг при температуре  $t_2 = 120\text{ }^\circ\text{C}$ . Определите установившуюся температуру и фазовое состояние системы. Нагреванием калориметра пренебрегите.

**Решение.** Прежде чем составлять уравнение теплового баланса,  $|Q_{\text{отд}}| = Q_{\text{получ}}$ , оценим, какое количество теплоты могут отдать одни элементы системы, а какое количество теплоты могут получить другие.

Очевидно, что тепло отдают: пар 1) при охлаждении до  $100\text{ }^\circ\text{C}$  и 2) при конденсации; вода, сконденсировавшаяся при остывании от  $100\text{ }^\circ\text{C}$ . Тепло получают: лёд 1) при нагревании и 2) при плавлении; вода, полученная из льда, нагревается от  $0\text{ }^\circ\text{C}$  до какой-то температуры. Определим количество теплоты, отданной паром при процессах 1 и 2:

$$|Q_{\text{отд}}| = c_{\text{п}}m_{\text{п}}(t_2 - 100) + r_{\text{п}}m_{\text{п}} = 23,04 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты, полученной льдом при процессах 1 и 2:

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

Из расчетов ясно, что  $|Q_{\text{отд}}| = Q_{\text{получ}}$ .

Растаявший лёд затем нагревается. Определим, какое количество нужно дополнительно, чтобы вода, образовавшаяся из льда ( $m_{\text{л}} = m_{\text{в}}$ ), нагрелась до  $100\text{ }^\circ\text{C}$ :  $Q'_{\text{получ}} = c_{\text{в}}m_{\text{в}}(100 - 0) = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$

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

Из последнего соотношения следует, что не весь пар будет конденсироваться. Массу оставшегося пара можно определить из соотношения  $m'_{\text{п}} = (|Q_{\text{отд}}| - \Sigma Q_{\text{получ}})/r_{\text{п}} = 0,65 \text{ кг}$ . Окончательно в калориметре будут находиться пар и вода при температуре  $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$ , при этом  $m'_{\text{п}} = 0,65 \text{ кг}$ ,  $m_{\text{в}} = 1,35 \text{ кг}$ .

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

**Решение.** При ударе падающей воды у основания водопада часть потенциальной энергии  $E_{\text{п}} = mgh$  идёт на нагревание воды:  $\eta mgh = mc_{\text{в}}\Delta t$ , откуда  $\Delta t = \eta gh/c_{\text{в}} = 1,96 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Так же нами рассмотрены задачи с выбором ответа:

**1.** Газ в сосуде сжали, совершив работу в 25 Дж. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на 30 Дж. Какое утверждение справедливо?

- 1) газ получил извне количество теплоты, равное 5 Дж;
- 2) газ получил извне количество теплоты, равное 55 Дж;
- 3) газ отдал окружающей среде количество теплоты, равное 5 Дж;
- 4) газ отдал окружающей среде количество теплоты, равное 55 Дж.

**2.** Идеальный газ отдал количество теплоты 300 Дж, а внешние силы совершили над ним работу 100 Дж. При этом внутренняя энергия газа:

- 1) увеличилась на 400 Дж;
- 2) увеличилась на 200 Дж;
- 3) уменьшилась на 400 Дж;
- 4) уменьшилась на 200 Дж.

**3.** Чему равно количество теплоты, полученное газом от внешних тел при изохорном нагревании постоянной массы газа?

- 1) изменению внутренней энергии газа;
- 2) работе, совершенной газом;
- 3) работе, совершенной над газом;
- 4) изменению потенциальной энергии молекул газа.

**4.** Какую работу совершил газ в процессе, изображенном на диаграмме ниже?

- 1) 10 кДж;
- 2) 20 кДж;
- 3) 6 кДж;
- 4) 12 кДж.



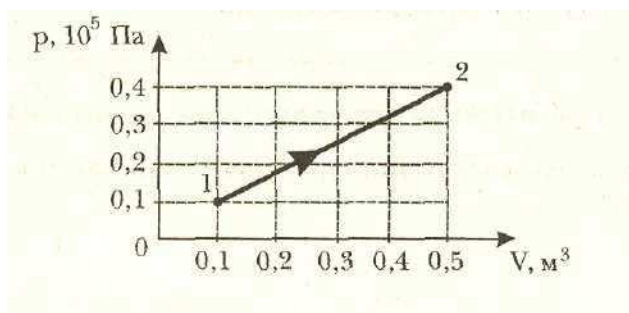


Рисунок 22 – Задача 4

5. Из одного и того же состояния газ расширяется до одного и того же объема, в первом случае адиабатно, во втором случае изотермически. Сравните работу газа в обоих случаях.

- 1) при адиабатном расширении работа больше;
- 2) при адиабатном расширении работа меньше;
- 3) в обоих случаях работа одинакова;
- 4) в обоих случаях работа равна изменению внутренней энергии.

6. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при повышении его абсолютной температуры в 2 раза при неизменной массе?

- 1) увеличивается в 2 раза;
- 2) уменьшается в 2 раза;
- 3) не изменяется;
- 4) однозначный ответ дать нельзя.

7. Гелий при постоянном давлении  $p$  расширяется от объема  $V$  до объема  $2V$ . Чему равно количество теплоты, которое получает при этом процессе газ?

- 1)  $pV$ ;
- 2)  $\frac{3pV}{2}$ ;
- 3)  $\frac{5pV}{2}$ ;
- 4) 0.

**8.** Над газом внешние силы совершили работу 300 Дж, а его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. В этом процессе газ:

- 1) получил количество теплоты 400 Дж;
- 2) получил количество теплоты 200 Дж;
- 3) отдал количество теплоты 100 Дж;
- 4) отдал количество теплоты 200 Дж.

**9.** Температура медного образца массой 100 г повысилась с 20°C до 60°C. Какое количество теплоты получил образец?

- 1) 760 Дж;
- 2) 1520 Дж;
- 3) 3040 Дж;
- 4) 2280 Дж.

**10.** В процессе эксперимента внутренняя энергия газа уменьшилась на 40 кДж, и он совершил работу 35 кДж. Следовательно, в результате теплообмена газ отдал окружающей среде количество теплоты, равное:

- 1) 75 кДж;
- 2) 20 кДж;
- 3) 35 кДж;
- 4) 5 кДж.

**11.** Внешние силы совершили над газом работу 300 Дж, при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 500 Дж. В этом процессе газ:

- 1) отдал количество теплоты 100 Дж;
- 2) получил количество теплоты 200 Дж;
- 3) отдал количество теплоты 400 Дж;
- 4) получил количество теплоты 400 Дж.

**12.** Газ последовательно перешел из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояния 3 и 4. Работа газа равна нулю:

- 1) на участке 1 – 2;
- 2) на участке 2 – 3;
- 3) на участке 3 – 4;

4) на участках 1 – 2 и 3 – 4.

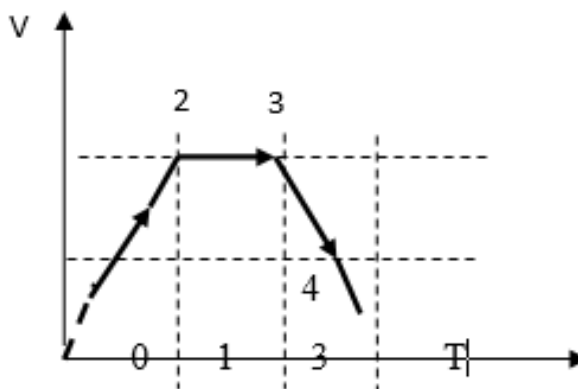


Рисунок 23 – Задача 12

13. Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3?

- 1) 10 кДж;
- 2) 20 кДж;
- 3) 30 кДж;
- 4) 40 кДж.

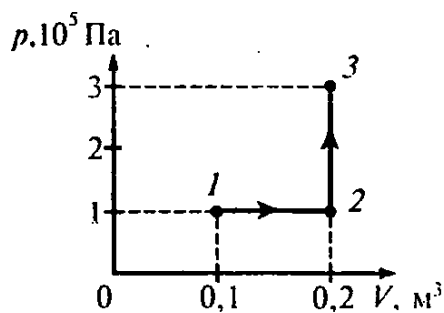


Рисунок 24 – Задача 13

Таблица 9 – ответы к тестовым заданиям

Номер задания	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Ответ	1	4	1	1	2	1	2	4	2	4	2	2	1

## Лабораторные работы по теме исследования

При проведении фронтальных лабораторных работ главной целью является усвоение сути изучаемого явления или закона, механизма или зависимости, принципа действий приборов или методики измерения физических величин.

Занятия нацелены на приобретение навыков экспериментаторства и умения организовывать свой рабочий стол, собирать установки, наблюдать, выполнять измерения с помощью школьного оборудования, производить элементарные расчеты и оформлять аналитически и графически результаты опыта, делать выводы. Чаще всего, лабораторную работу проводят сразу после изучения какого-либо явления или закона. Также целью фронтальной лабораторной работы, проводимой с использованием иллюстративного приема, является закрепление, подтверждение, иллюстрация знаний учеников по конкретному вопросу. В лабораторной работе, проводимой с помощью иллюстративного приема в процессе устного руководства, следует выделить несколько этапов: предварительная подготовка и вступительные беседы, конкретизация хода работы, выполнение опытов и после завершения экспериментирования итоговая беседа с руководителем.

Рассмотрим несколько лабораторных работ по теме исследования.

### Лабораторная работа №1

Тема: Наблюдение кипения воды при комнатной температуре.

#### Теоретическое обоснование

Известно, что, когда давление насыщенного пара достигает внешнего давления жидкость закипает. Поэтому при очень низком давлении вода закипит и при комнатной температуре. Сниженное давление внутри цилиндра, можно создать при помощи герметично закрытого сосуда с поршнем, например, медицинского шприца. Плотнo закрыв выходное отверстие иглы пластилиновыми или жвачными материалами, необходимо плотно прижать к ней шприц. В целях безопасности наденьте защитный колпачок на иглу.

Цель работы: убедиться, что температура кипения жидкости зависит от давления, исследовать условия, при которых вода закипает при комнатной температуре.

Оборудование: шприц медицинский одноразовый на 5 см<sup>3</sup> в комплекте (с иглой и защитным колпачком для нее).

Ход работы.

1. Подготовив шприц к работе, проверьте его герметичность. Для этого выдавите из шприца воздух, наденьте закупоренную иглу с колпачком и вытяните поршень. Если шприц герметичен, то поршень вернется в исходное положение. В отчете о работе объясните, почему.

2. Снимите иглу и наберите в шприц 2 – 3 см<sup>3</sup> воды. Держа шприц выходным штуцером вверх, выдавите из него поршнем воздух и наденьте иглу с колпачком. Для успешного проведения опыта важно, чтобы в шприце осталась только вода.

3. Плавно, но достаточно сильно потяните поршень. Опишите, как изменяется состояние воды при этом. Объясните наблюдаемый процесс.

4. Повторите опыт, оставив в шприце немного воздуха. Сравните этот опыт с предыдущим.

5. Напишите в тетради отчет о проделанной работе и ваших наблюдениях.

## Лабораторная работа №2

Тема: Определение отношения теплоемкостей газов при постоянном давлении.

Цель: Определить отношение теплоемкостей для воздуха.

Оборудование: Стекланный сосуд, насос, манометр.

Формула для определения  $\gamma$ :

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}.$$

Описание установки: Установка состоит из большого стеклянного сосуда, в верхней части которого имеется кран-клапан, насос и манометр. Они соединены между собой резиновыми шлангами и представляют собой единую герметическую систему. Насос служит для накачивания воздуха в сосуд, манометр – для измерения избыточного (над атмосферным) давления в сосуде. С помощью крана-клапана сосуд соединяется с атмосферой. Если накачать в сосуд немного воздуха, то давление и температура воздуха в сосуде повысятся. Затем, вследствие передачи тепла через стенки сосуда, температура воздуха в сосуде понизится до комнатной, а давление  $P$  в сосуде станет равным  $P = P_0 + P_1$ , где  $P_0$  – атмосферное давление, а  $P_1$  – избыточное давление, измеряемое манометром.

#### Ход работы.

1. Осторожно накачать воздух в сосуд до тех пор, пока разность уровней жидкости в манометре не достигнет примерно 15 - 20 см. Произвести отсчет разности уровней в коленах манометра.

2. Быстрым нажатием сверху открыть кран-клапан на такое время, чтобы уровни в манометре выровнялись, и закрыть кран, опустив клапан. Когда давление окончательно установится, записать разность уровней.

3. Повторить опыт не менее 3 раз и вычислить значения  $\gamma_n$ . Результаты измерений записать в таблицу. Подсчитать погрешность измерения  $\gamma_{\text{ср}}$ .

4. Учítывая, что воздух состоит в основном из двухатомных газов, подсчитать теоретическое значение  $\gamma_{\text{теор}}$ .

5. Объяснить основные причины, вызывающие отклонение экспериментального значения  $\gamma$  от теоретического.

Таблица 10 – Таблица для записи измерений

№	Разность уровней		$\gamma_n$	Среднее значение $\gamma_{\text{ср}}$
	$h_1$	$h_2$		
1				
2				
3				

На последнем занятии были подведены итоги данного элективного курса. С учениками была проведена рефлексия, в следствии с которой был сделан вывод, что благодаря применению различных форм деятельности на уроках (решение задач, самостоятельное проведение опытов, прохождение квеста) у учащихся проявляется интерес к изучению физики и появляется желание изучать что-то новое.

При проведении на уроках физики каких-либо опытов бывает такое, что опыт не получается по неизвестным причинам. Тогда учащиеся могут не до конца разобраться в данном явлении.

В школьном курсе при изучении раздела «Основы термодинамики» предусмотрено проведение таких опытов, как: адиабатное расширение, адиабатное сжатие, плавление льда, изотермический процесс, кипение при пониженном давлении.

Нами был рассмотрен и проделан опыт «Адиабатное расширение» и выявлены условия, при которых он получается наиболее эффективно.

#### Адиабатное расширение

Опыт демонстрирует адиабатическое расширение газа. Такое расширение происходит из-за охлаждения воздуха. Стекланный баллон имеет верхнее отверстие, закрытое пробкой. Насосом накачивают в колбу воздух до тех пор, пока пробка не вылетит. При вылете можно наблюдать образование тумана. Дело в том, что в момент вылета пробки воздух резко расширяется, охлаждается и при этом образуется туман.

Данное расширение считается адиабатическим, так как оно происходит настолько быстро, что теплообмен с окружающей средой не успевает произойти.

Нами был проведен данный опыт и определены условия, при которых он получится наиболее эффективно:

1. Вместо ручного насоса лучше использовать электрический вакуумный насос.

2. Стеклянную колбу поместить в полотняный мешок, чтобы избежать несчастного случая. Так как колба внезапно может лопнуть.

3. Мы взяли две пробки, резиновую и из пробкового дерева. Коэффициент трения между резиновой пробкой и стеклом очень большой, поэтому она не вылетает, а если пробку из дерева смазать маслом, то вылет происходит с легкостью.

4. Если качать воздух недолго, то опыт не получается. Поэтому примерное время накачивания воздуха составляет не менее одной минуты.

Таким образом, мы выяснили, при каких условиях данный опыт получается эффективнее. Не во всех методических источниках опыт «Адиабатное расширение» описан так, что при его проведении обязательно вылетит пробка и образуется туман. Для того, чтобы все получилось и учащиеся убедились в правильности проведения опыта нами и были описаны условия, благодаря которым наглядно можно убедиться в адиабатическом расширении.

Также нами были рассмотрены некоторые приемы для оценивания образовательных результатов школьников по теме элективного курса. Выбор конкретных приемов оценивания – это творческий подход каждого учителя. Анализ особенностей планируемых образовательных результатов курсов различного типа актуализирует проблему поиска адекватных способов оценивания этих результатов. Наиболее простой практический способ оценки результатов освоения темы, раздела, курса – это оценка ответов, обучающихся на вопросы, сформулированные определенным образом.

Прием «индекс – карточки». Для анализа достижения предметных и метапредметных результатов учитель создает двухсторонние карточки. К созданию карточек учитель также может привлекать учеников. При отборе вопросов для изготовления «индекс – карточек» ученики анализируют и систематизируют изученную информацию, тем самым происходит ее осознание. В таблице 11 приведен пример использования «индекс – карточки» на уроке физики по теме «Основы термодинамики».



Таблица 11 – Пример использования «индекс – карточки» на уроке физики по теме «Основы термодинамики»

Первая сторона	Вторая сторона
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение внутренней энергии.</li> <li>2. Способы передачи внутренней энергии.</li> <li>3. Основные характеристики внутренней энергии (определения, формулы).</li> </ol>	<p>Определите, что вы еще не поняли из изученного материала, и сформулируйте свои вопросы.</p>

Прием «Квадраты». Учителем создается таблица из четырех квадратов с надписями: «Предскажите», «Объясните», «Обобщите» и «Оцените». С целью обобщения и закрепления нового материала, учащиеся выбирают один определенный квадрат. Учитель объясняет, что каждый учащийся выбирает себе тип задания, который ему нужно будет выполнить по изученной теме. В таблице 12 приведен пример использования приема «КВАДРАТЫ» на уроке физики.

Таблица 12 – Использование приема «КВАДРАТЫ» на уроке физики

ОБЪЯСНИТЕ	ПРЕДСКАЖИТЕ
Устройство и принцип действия тепловых двигателей;	Как изменится коэффициент полезного действия теплового двигателя, если количество теплоты, переданное нагревателем газу, увеличится в два раза
ОБОБЩИТЕ	ОЦЕНИТЕ
Сходства и различия в устройстве разных видов тепловых двигателей	Коэффициент полезного действия теплового двигателя

При работе с данным приемом учитель оценивает уровень понимания изученной темы и познавательные навыки обучающихся. На основе ответов учеников определяется, насколько учащиеся осознали и осмыслили материал.

Для определения сформированности теоретических знаний и практических умений нами было выделено три уровня усвоения учебного материала. В отечественной системе образования в государственных образовательных стандартах описаны 5 уровней усвоения, но для данного

элективного курса мы выбрали только 3. Так как знания первого уровня имелись у учеников еще до проведения элективного курса. Пятый уровень является творческим, шести занятий было недостаточно, чтобы воспроизвести задания с творческим подходом. Поэтому для определения усвоения учебного материала мы оставили второй, третий и четвертый уровни (рисунок 25).

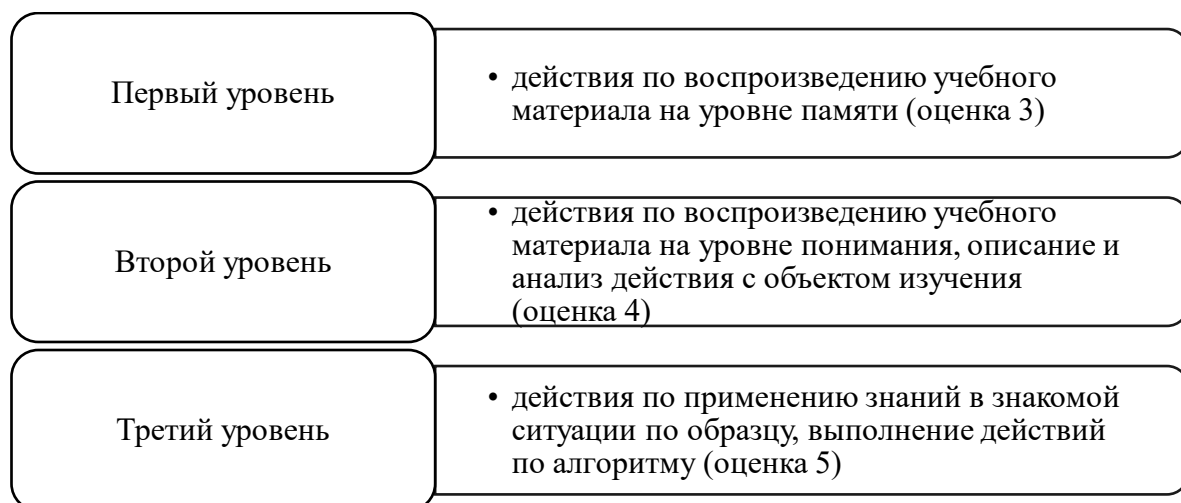


Рисунок 25 – Уровни усвоения учебного материала

Для примера рассмотрим прием «Квадраты». При выборе учащимся тип задания «Объясните», по предложенным нами критериям определим уровень понимания изученного материала:

- Если учащийся знает только определение теплового двигателя, следовательно, это первый уровень и оценка 3.
- Если учащийся знает определение теплового двигателя и его назначение, то уровень второй и оценка 4.
- При полном ответе определения, назначения, устройства и принципа работы тепловых двигателей, учащийся выходит на уровень третий и получает оценку 5.

Приведенные примеры приемов оценивания образовательных результатов на уроках физики носят универсальный характер и их можно применять при повторении и закреплении любой темы урока.

Таким образом, наше исследование заключалось в том, как применение теоретических знаний на практике, улучшает знания по пройденному материалу. Решение задач, проведение лабораторных работ, квест помогли лучше закрепить изученный материал на практике. Выявленные условия для проведения опыта «Адиабатическое расширение», помогут более правильно и результативно показать данный опыт на уроках физики. Благодаря разработанным приемам оценивания образовательных результатов, можно выяснить, какой материал следует повторить и разобрать более подробно. А для оценивания уровня понимания изученной темы, нами подготовлены три уровня для более удобной оценки результатов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термодинамика является одним из главных разделов физики, изучаемых в 10 классе. В средней школе изучение данного раздела происходит поверхностно, но для лучшего понимания в полном объеме данный материал проходят в старшей школе.

В ходе исследовательской работы нами были поставлены и выполнены следующие задачи:

- проведен анализ раскрытия раздела «Основы термодинамики», представленный в учебниках физики 10 классов авторов Л. Э. Генденштейн и Г. Я. Мякишев. Были выделены общие подходы в изложении раздела в данных учебниках и отличительные особенности;

- раскрыты основные понятия по теме исследования;

- рассмотрена методика введения основных понятий в 10 классе по теме исследования;

- разработан элективный курс и методические рекомендации по формированию практических умений при изучении раздела «Основы термодинамики»;

- выявлены условия, при которых один из опытов по теме исследования получается наиболее эффективно.

Таким образом, задачи, которые были поставлены перед нами в начале исследовательской работы, выполнены в полном объеме. Цель достигнута – нами была рассмотрена методика формирования теоретических знаний и практических умений в процессе изучения раздела «Основы термодинамики». В рекомендации по данной теме были включены качественные, количественные и графические задачи, лабораторные работы, выявлены условия, при которых один из опытов по теме исследования получается наиболее эффективно, квест, а также приемы оценивания образовательных результатов школьников и уровни усвоения учебного материала.

Данные методические рекомендации имеют большое практическое значение и могут применяться учителями-предметниками на уроках физики при изучении раздела «Основы термодинамики», а также студентами-практикантами при проведении уроков в школе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агеев, Е. П. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах / Е. П. Агеев. – Москва : РГГУ, 2021. – 575 с.
2. Анциферов, Л. И. Практикум по методике и технике школьного физического эксперимента : Учебное пособие для студентов педагогических институтов по физико-математической специальности / Л. И. Анциферов, И. М. Пищиков, – Москва : Просвещение, 1984. – 255 с.
3. Бахарева, И. Ф. Нелинейная неравновесная термодинамика / И. Ф. Бахарева. – Москва : Книга по Требованию, 2013. – 140 с.
4. Божинова, Ф. Я. Физика. 10 класс : учебник для общеобразовательных учебных заведений / Ф. Я. Божинова. – Харьков : Ранок, 2009. – 214 с.
5. Бондарев, В. Б. Курс общей физики. В 3 книгах. Книга 3. Термодинамика. Статистическая физика. Строение вещества / В. Б. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. – Москва : Высшая школа, 2005. – 368 с.
6. Бухарова, Г. Д. Молекулярная физика и термодинамика. Методика преподавания : учеб. пособие для академического бакалавриата / Г. Д. Бухарова. – Москва : Юрайт, 2018. – 221 с.
7. Буховцев, Б. Б. Физика. 9 класс. / Б. Б. Буховцев, Г. Я. Мякишев, Ю. Л. Климонтович. – Москва : Просвещение, 1986. – 271 с.
8. Василевский, А. С. Курс теоретической физики. Термодинамика и статистическая физика / А. С. Василевский. – Москва : Дрофа, 2006. – 240 с.
9. Генденштейн, Л. Э. Физика 10 класс. В 2 частях. Часть 1. Учебник для общеобразовательных учреждений / Л. Э. Генденштейн, Ю. И. Дик. – Москва : Мнемозина, 2009. – 352 с.
10. Гинзбург, В. Л. Общий курс физики. Сборник задач. В 5 томах. Книга 2. Термодинамика и молекулярная физика / В. Л. Гинзбург и др. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 176 с.

11. Горячкин, Е. Н. Методика и техника физического демонстрационного эксперимента / Е. Н. Горячкин, В. П. Орехов. – Москва : Просвещение, 1964 – 481 с.
12. Громов, С. В. Оптика. Тепловые явления. Строение и свойства вещества : Учебник для 11 кл. общеобразовательных учреждений / С. В. Громов. – Москва : Просвещение, 2002. – 287 с.
13. Громцева, О. И. Физика, 10 – 11 классы / О. И. Громцева, Г. Я. Мякишев. – Москва : Просвещение, 2017. – 208 с.
14. Громько, Е. В. Физика : учебное пособие для 10-го кл. учреждений общ. сред. образования / Е. В. Громько. – Минск : Образование и воспитание, 2013. – 272 с.
15. Дельцов, В. П. Физика: дойти до самой сути! Настольная книга для углубленного изучения физики в средней школе : Термодинамика и молекулярная физика / В. П. Дельцов, В. В. Дельцов. – Москва : Ленанд, 2017. – 304 с.
16. Детлаф, А. А. Курс физики (том 1). Механика. Основы молекулярной физики и термодинамики / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский, Л. Б. Милковская. – Москва : Высшая школа, 2022. – 872 с.
17. Зворыкин, Б. С. Методика преподавания физики в средней школе. Молекулярная физика. Основы электродинамики. Пособие для учителей / Б. С. Зворыкин, Ю. А. Коварский, Г. Б. Куперман. – Москва : Просвещение, 1975. – 251 с.
18. Кабардин, О. Ф. Факультативный курс физики. 9 класс / О. Ф. Кабардин, С. И. Кабардина, Н. И. Шефер. – Москва : Просвещение, 1987.
19. Касьянов, В. А. Физика. 10 класс. Базовый уровень : учебник / В. А. Касьянов. – 3-е изд., дораб. – Москва : Дрофа, 2015.
20. Каменецкий, С. Е. Методика преподавания физики в средней школе : Частные вопросы: учебное пособие / С. Е. Каменецкий, Л. А. Иванова. – Москва : Просвещение, 2007. – 336 с.

21. Каменецкий, С. Е. Теория и методика обучения физики в школе : Частные вопросы: учебное пособие для студентов педагогических вузов / С. Е. Каменецкий, Н. С. Пурышева, Т. И. Носова, под редакцией С. Е. Каменецкого. – Москва : Академия, 2000. – 384 с.
22. Каменецкий, С. Е. Теория и методика обучения физики в школе : Общие вопросы: учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / С. Е. Каменецкий, Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская, под редакцией С. Е. Каменецкого. – Москва : Академия, 2000. – 368 с.
23. Камзеева, Е. Е. Физика. 9 класс. Основной государственный экзамен. Типовые тестовые задания / Е. Е. Камзеева. – Москва : Национальное образование, 2015. – 352 с.
24. Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика: Т.1 : Теория равновесных систем : Термодинамика / И. А. Квасников. – Москва : КД Либроком, 2019. – 328 с.
25. Кикоин, И. К. Физика : Учебник для 9 кл. средней школы – 2-е издание – Москва : Просвещение, 1992. – 191 с.
26. Кирик, Л. А. Уроки физики. 10 класс : Календарно-тематическое планирование, поурочные разработки, методические рекомендации, тематическое оценивание. – Харьков : Ранок-НТ, 2005. – 400 с.
27. Кравченко, В. И. Методика решения задач по термодинамике. – Воронеж : ВГУ, 2002. – 82 с.
28. Кравченко, В. И. Формирование модельных представлений при изучении физики в 10 классе. Методическое пособие для учителей физики и студентов / В. И. Кравченко, Т. В. Краснякова. – Луганск : Учебная книга, 2006. – 110 с.
29. Ландсберг, Г. С. Задачи по термодинамике и статистической физике / Г. С. Ландсберг. – Москва : МИР, 2022. – 334 с.
30. Лоренц, Г. А. Лекции по термодинамике / Г. А. Лоренц. – Ижевск : НИЦ, 2010. – 962 с.



31. Маслов, В. П. Квантование термодинамики и ультравторичное квантование / В. П. Маслов. – Москва : РХД, 2017. – 196 с.
32. Мякишев, Г. Я. Учебник по физике за 10 класс. Молекулярная физика. Термодинамика. Углубленный уровень / Г. Я. Мякишев, А. З. Сияков. – Москва : Вертикаль, 2015.
33. Мякишев, Г. Я. Физика. 10 класс. Базовый уровень : учебник / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. – Москва : Вертикаль, 2017.
34. Орехов, В. П. Методика преподавания физики в 6 – 7 классах средней школы / В. П. Орехов, А. В. Усова. – Москва : Просвещение. 1976 – 384 с.
35. Перышкин, А. В. Физика : учебник для 8 класса средней школы / А. В. Перышкин, Н. А. Родина. – 12-е издание, дораб. – Москва : Просвещение, 1993. – 191 с.
36. Свитков. Л. П. Термодинамика и молекулярная физика. Факультатив курс. Пособие для учащихся / Л. П. Свитков. – 2-е издание. – Москва : Просвящение, 2004.– 190 с.
37. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. В 5 томах. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика / Д. В. Сивухин. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 544 с.
38. Трофимова, Т. Физика от А до Я : справочное пособие / Т. Трофимова. – Москва : КНОРУС, 2017. – 302 с.
39. Трофимова, Т. И. Основы физики. В 5 книгах. Книга 2. Молекулярная физика. Термодинамика / Т. И. Трофимова. – Москва : Высшая школа, 2007. – 184 с.
40. Шахмаев, Н. М. Физика : Учебник для 10 класса средней школы / Н. М. Шахмаев, С. Н. Шахмаев, Д. Ш. Шодиев. – 3-е издание – Москва : Просвещение, 1994. – 240 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Квест по физике «Письмо из Хогвартса»

**Цель:** повторить и закрепить пройденный материал по теме «Основы термодинамики».

**Задачи:**

1. Развить навыки применения знаний на практике;
2. Развить умения решения физических задач, информационно-коммуникационные умения;
3. Создать условия для развития творческого мышления, смекалки.

**Целевая аудитория:** учащиеся 10 класса.

**Продолжительность:** 45 минут.

**Оборудование:** презентация «Письмо из Хогвартса», листы бумаги, проектор, распечатанный пазл в виде флага Гриффиндор.

**Сюжет квеста:** квест создан по мотивам романа Джоан Роулинг «Гарри Поттер». Учащимся предлагается разделить на две команды и помочь Гарри Поттеру и его друзьям восстановить флаг факультета «Гриффиндор», который, во время войны с Волан – де – Мортом, был разбит на 7 частей и спрятан в разных уголках школы. На каждом этапе участники должны проявить свои знания и смекалку для того, чтобы получить части флага. После прохождения всех этапов команда собирает из полученных частей флаг и возвращает его Гарри Поттеру и его друзьям.

**Легенда квеста:** ребят, мы получили письмо из Хогвартса. Гарри, Рон и Гермиона нуждаются в вашей помощи. Во время войны с Волан – де – Мортом флаг факультета «Гриффиндор» был утерян. Известно, что Пожиратели Смерти его разбили на 7 частей и спрятали каждую часть в разных уголках школы. Вас ждут волшебные задачи, магические головоломки и загадки. Готовы к приключениям? Тогда захватите с собой смекалку, полученные знания по физике и в путь!

На слайде представлена карта школы Хогвартс, по которой мы и будем искать кусочки нашего пазла. Чтобы команда получила разрешение на посещение Хогвартса, вам нужно придумать название и эмблему команды.

**Правила прохождения квеста:** после того, как обе команды оказываются в Хогвартсе, они получают карту (появляется на экране). На разгадку каждого задания дается 3-4 минуты. Команда, которая первой дает правильный ответ к задаче, получает часть флага. После чего все команды переходят к следующему заданию. Если ни одна команда не дошла до правильного ответа, учитель дает подсказку и еще немного времени для решения задачи. Та команда, которая внесла больший вклад в спасение флага (получила наибольшее количество частей пазла), объявляется победителем. После чего команды объединяются и складывают флаг.

#### **Задачи к квесту:**

1. На поле для квиддича был найден снич. Температура медного снicha массой 100 г повысилась с  $20^{\circ}\text{C}$  до  $60^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты получил снич?

2. Во время атаки Пожирателей Смерти в кабинете прорицаний, внутренняя энергия газа, выпущенного из волшебной палочки, уменьшилась на 40 кДж, и он совершил работу 35 кДж. Какое количество теплоты газ отдал окружающей среде в результате теплообмена?

3. Воду из Черного озера массой 4,65 кг взятую при температуре 286 К нагревают до 308 К погружением куска железного котла с температурой 773 К. Найти массу куска железного котла. Теплообменом с окружающими телами и испарением пренебречь.

4. Мощность двигателя летающей машины 20 кВт, КПД равен 25%. Определите расход бензина автомобилем на 1 км пути до Хижины Хагрида при скорости 72 км/ч.

5. В стеклянный сосуд массой 120 г, имеющий температуру  $20^{\circ}\text{C}$ , для трансфигурации понадобилось налить горячую воду массой 200 г и с температурой  $100^{\circ}\text{C}$ . Спустя 5 минут температура сосуда с водой стала равно

40 °С. Какое количество теплоты терялось в единицу времени, если скорость охлаждения постоянна? Теплоемкость сосуда равна 840 Дж/ кг\*К.

6. В кабинете астрономии было найдено 1,5 моль гелия, на сколько увеличится его внутренняя энергия при нагревании на 40 К?

7. Во внутреннем дворе произошло изотермическое расширение газа, при котором он получил 10 кДж теплоты. Чему равна работа, совершенная газом?

Данный квест был апробирован в очном формате в школе №2 города Лесосибирска. После участия в квесте в качестве обратной связи учащимся было предложено ответить на несколько вопросов.

1. Понравился ли тебе данный квест?
2. Что больше всего понравилось в квесте?
3. Какие задания были наиболее интересными?
4. Какие задания вызвали затруднения?
5. Закончи предложение «Я не зря провел время, так как...»
6. Посоветуйте, как сделать квест еще более интересным и познавательным?

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –  
филиал Сибирского федерального университета

Кафедра высшей математики, информатики и естествознания

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Л.Н. Храмова  
подпись                      инициалы, фамилия

« 14 » 06 2022г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

код-наименование направления

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ  
УМЕНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗДЕЛА «ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ»  
В 10 КЛАССЕ

Руководитель


 10.06.22  
подпись, дата

доцент, канд. пед. наук  
должность, ученая степень

Н.Ф. Романцова

инициалы, фамилия

Студент

 10.06.22  
подпись, дата

Т.Е. Анисимова

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 10.06.22  
подпись, дата

Е.Н. Яковлева

инициалы, фамилия

Лесосибирск 2022