

Всероссийский конкурс учебно-исследовательских работ старшеклассников по
политехническим, естественнонаучным, математическим дисциплинам для
учащихся 9-11 классов

**Звенья одного явления
или патенты, добытые из тумана и огня**

Вяткин Никита,
МБОУ «Лицей №1»
г. Лысьва, Пермский край
ученик 11 класса

Трубеко Ф. И.
учитель физики

2016 год

Содержание.

1. Введение.....	3
2. Физика адиабатного процесса.	
А) Слово закону сохранения энергии.....	5
Б) Истину подтверждают графики.....	5
В) Верь глазам своим.....	7
Г) Ничто не существует, пока оно не измерено.....	8
3. Адиабатные процессы в природе и технике	
А) Адиабатные процессы в природе.	
1. Фён – тёплый ветер горных стран.....	11
2. След в небе.....	11
3. Облака - величественное и красивейшее творение природы.....	12
Б) Адиабатные процессы в технике.	
1. Туман делает частицу видимой.....	13
2. Патент на двигатель.....	14
4. Заключение.....	17
5. Литература.....	18

Введение.

Туман и огонь... Что может связывать эти два непохожих явления? На мой вопрос окружающие удивленно поднимали брови, пытались уйти от разговора, готовы были покрутить у виска пальцем. Да, действительно, эти два явления далеко непохожи, трудно найти что – то общее и связать их во едино.

Туман (рис. 1). О нем часто говорят: густая пелена, слепящая завеса, промозглый туман. Туман является разновидностью атмосферных осадков, который состоит из микроскопических капель воды (или ледяных кристаллов), висящих в атмосфере недалеко от поверхности земли. Капельки тумана настолько малы, что в обычную столовую ложку их поместится семь тысяч миллионов.



Рис 1.

При каких условиях возникает туман?

По способу возникновения туманы делятся на два вида[4]:

- Туманы охлаждения — образуются из-за конденсации водяного пара при охлаждении воздуха ниже точки росы.
- Туманы испарения — являются испарениями с более тёплой испаряющей поверхности в холодный воздух над водоёмами и влажными участками суши.

Огонь (рис. 2). Много веков огонь живет рядом с человеком. Согревает его своим теплом, освещает дорогу в сумерках, воспаляет сердца, зажигает азарт и любовь к жизни. Огонь был и

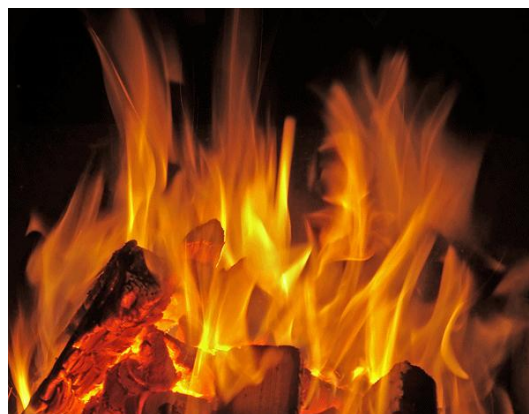


Рис. 2

остаётся неизменным спутником и помощником человека в его созидательной работе. Огонь - домашний очаг; огонь - двигатель и работник в тепловой машине; огонь - источник света и тепла. И человек всегда, во все времена,

воздавал дань своего внимания и почёта огню; он создал из него своё первое божество, он посвятил ему свои лучшие поэтические сказания. Своих лучших, великих людей человек сравнивает с путеводными огнями, освещающих путь человеческой жизни.

Туман и огонь. Только в лабораторной тишине, где поклоняются только одному богу — физике, знают, что туман и огонь могут быть звеньями одного явления, и как далеко шагнул человек благодаря туману и огню.

Я считаю, что выбранная мною тема является **актуальной**, так как мы изучая законы физики, далеко не всегда осознаем практическое применение открытий, не задумываемся о том, а какими они были творцы науки, как были сделаны открытия.

Предметом моего изучения является адиабатный процесс, объектом — адиабатное расширение и сжатие воздуха.

Цель моего исследования: показать, что при адиабатном расширении и сжатии температура газа (рабочей среды) соответственно понижается и повышается, и данный факт встречается в природе и используется в технике, создать пособие для школьников об адиабатном процессе.

Гипотеза: я считаю, что туман и огонь, «рожденные в лаборатории», могут принести пользу человечеству, и поставлены на службу человечества.

Задачи:

1. Изучить физику адиабатного процесса. Сравнить адиабатный и изотермические процессы.
2. Проверить, как согласуется теория адиабатного процесса с экспериментом.
3. Рассмотреть примеры проявления адиабатного процесса в природе и применение в технике.

В своей работе, чтобы доказать выдвинутую гипотезу я использовал четыре способа: два из них — это теоретическое обоснование, а другие два — экспериментальное.

Физика адиабатного процесса.

А) Слово закону сохранения энергии [2].

Адиабатный процесс — это процесс, происходящий без теплообмена системы с окружающей средой, т.е. $Q = 0$. Для адиабатного процесса первый закон термодинамики - закон сохранения энергии для тепловых процессов - имеет вид:

$$\Delta U + A' = 0 \Rightarrow A' = -\Delta U$$

где ΔU – изменение внутренней энергии системы;

A' - работа газа.

Это значит, что при адиабатном процессе система может выполнять работу над внешними телами только за счет убыли своей внутренней энергии.

Если $A' > 0$, то $\Delta U < 0$, т.е. $U_2 < U_1$. Так как $U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$,
то $T_2 < T_1$.

Как известно, $A' = p\Delta V$, следовательно, газ совершает положительную работу, если $\Delta V > 0$.

Таким образом, при адиабатном расширении газ совершает работу и сам охлаждается. Наоборот, при адиабатном сжатии $\Delta V < 0$, то $A' < 0$, т.е. над газом внешними силами совершается работа, и газ нагревается.

В реальных условиях процесс является адиабатным, если система снабжена хорошей теплоизоляцией или процесс протекает настолько быстро, что не происходит заметного теплообмена с внешней средой.

Б) Истину подтверждают графики.

1) Как графически представить адиабатный процесс[2]?

Пусть газ нужно перевести из состояния 1 в состояние 2 (рис. 3) - для этого используем два способа: первый способ - внешние силы совершают работу над газом по его сжатию, т. е. объем газа уменьшается (рис. 4); второй способ – газ, расширяясь, совершает работу, что приводит к увеличению объема газа (рис. 5).

Рассмотрим первый способ.

адиабатное сжатие

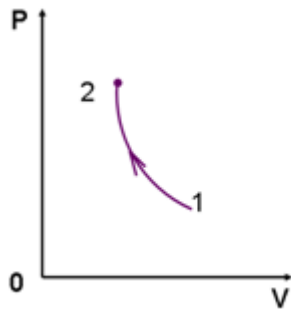


Рис.3

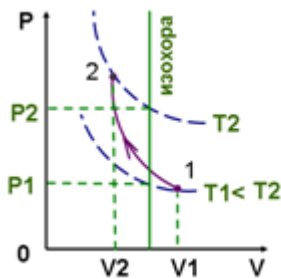


Рис.4

адиабатное расширение

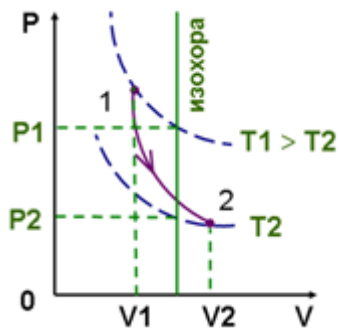


Рис.5

1. Через точки 1 и 2 проведем изотермы.
2. Проведем изохору.
3. Находим точку пересечения изохоры с каждой изотермой, определим соответствующие значения давления p_1 и p_2 .
4. По закону Шарля ($V = \text{const}$), находим, что $T_1 > T_2$.

Вывод: при адиабатном сжатии температура газа (воздуха) увеличивается.

Рассуждая, как и в первом случае, приходим к выводу, что при адиабатном расширении температура газа (воздуха) уменьшается, газ охлаждается.

2) Сравнение графика адиабаты и изотермы.

1) График адиабаты идет круче графика изотермы. С помощью формулы $p = nkT$ (n - числа молекул в единице объема - концентрации частиц) нетрудно объяснить, почему адиабата идет круче изотермы. При изотермическом сжатии газа давление p растет вследствие увеличения n , а при адиабатном сжатии увеличивается и n , и T , поэтому растет быстрее.

2) Работа, которую совершает газ при адиабатическом расширении, на участке 1—2 меньше, чем при изотермическом. При адиабатическом расширении осуществляется охлаждение газа, тогда как при изотермическом — температура поддерживается постоянной за счет притока извне такого же количества теплоты.

В) Верь глазам своим.

Верховным судьей любой теории является эксперимент. Все теоретические рассуждения можно проверить на опытах.

Опыт 1 (Рис.6, 7). Оборудование: пластиковая бутылка, смесь воды и спирта, насос Комовского, шланг, пробка с пропущенной стеклянной трубкой.



Рис. 6.



Рис. 7.

Постановка опыта: с помощью насоса Комовского накачиваем в бутылку воздух. Быстро открываем бутылку.

Результат опыта: при вылете пробки бутылка наполняется туманом.

Вывод: работа A' по выталкиванию пробки совершается воздухом за счет уменьшения его внутренней энергии, так как расширение воздуха происходит за очень короткое время и теплообмен с окружающей средой не успевает произойти. Образование капель тумана доказывает, что при адиабатном расширении воздуха его температура понизилась и опустилась ниже точки росы.

Опыт 2 (Рис. 8, 9). Оборудование: прибор «воздушное огниво»

Рис. 8

Рис. 9.

толстостенный стеклянный цилиндр с поршнем, немного "серы" от спичек.

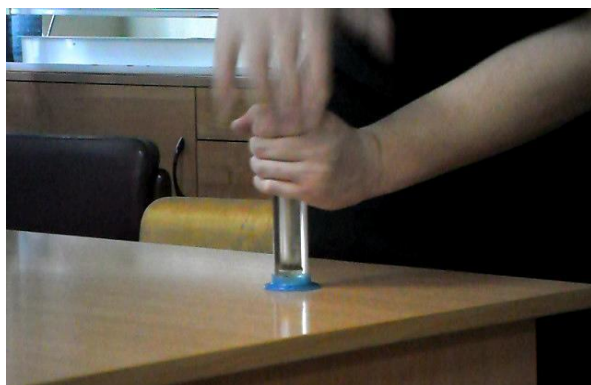
Постановка опыта: на дно цилиндра насыплем немного "серы" от спичек. Резко ударив по рукоятке, мы сильно сожмем воздух.

Результат опыта: серный порошок воспламенится, наблюдаем вспышку.

Вывод: удар длился недолго, поэтому теплообмен воздуха в цилиндре с внешней средой не успевает произойти, т.е. $Q = 0$. Вспышка серного порошка доказывает, что при сжатии воздух нагревается, его внутренняя энергия увеличивается за счет работы внешних сил.

Г) Ничто не существует, пока оно не измерено.

Так сказал о роли измерений великий датский физик Нильс Бор [8], поэтому я поставил еще два опыта с измерением температуры воздуха при совершении работа самим воздухом и над воздухом с



применением оборудования L –микро.

Опыт 1 (Рис. 10). Оборудование: компьютерный измерительный блок, датчик температуры, шприц объемом 50 мл, пробирка с отводом и шлангом.
Рис 10.

Постановка опыта: к компьютерному измерительному блоку подключаем

Рис 11.

Рис. 12

датчик температуры, который помещен в пробирку с отводом. К пробирке с помощью резиновой трубки присоединим шприц. Резко надавим на поршень шприца.

Результат опыта: на экране компьютера наблюдается повышение температуры (графики на рисунках 11, 12).

Изменение температуры при адиабатном сжатии я так же представил в виде таблицы 1, где изменение температуры представлено через каждые 0,1 °С.

Таблица 1.

Адиабатное сжатие								
t, с	2,71	3,15	3,35	3,78	3,92	4,16	4,53	5,19
t, °С	28,6	28,7	28,8	28,9	29,0	29,1	29,2	29,3

Опыт 2. Оборудование как в опыте 1. Постановка опыта: вытягивая поршень из шприца, увеличиваем объем воздуха внутри шприца.

Результат опыта: на экране компьютера наблюдается понижение температуры (графики на рис. 13, 14).

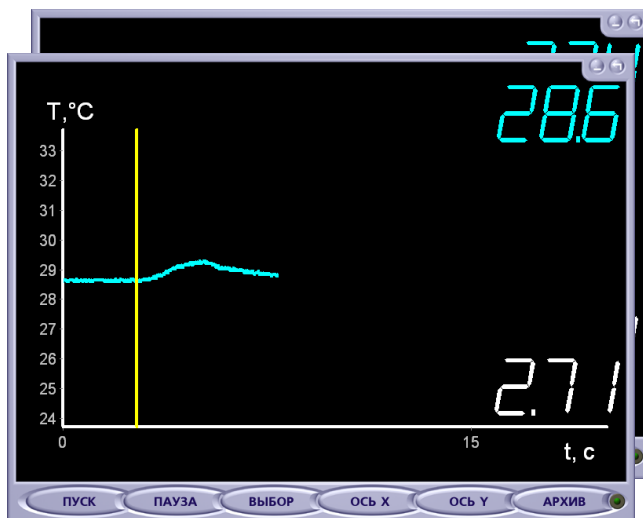


Рис. 13

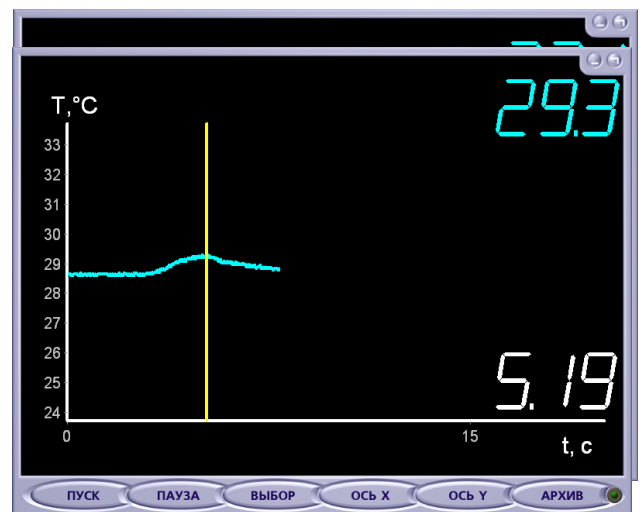


Рис. 14

Результаты этого опыта также представлено в таблице 2.

Таблица 2.

Адиабатное расширение					
t, с	0,78	1,35	1,96	2,31	2,48
t, °C	27,5	27,4	27,3	27,2	27,1

Вывод: проделанные опыты еще раз подтвердили, что при совершении работы над воздухом его внутренняя энергия увеличивается, а если работу совершает сам воздух, то его внутренняя энергия уменьшается.

Адиабатные процессы в природе и технике.

Прежде чем перейти к применению адиабатных процессов в технике хотелось бы остановиться об этих явлениях в природе. Более того, одно из открытий по признанию самого автора Вильсона Бору, идея создания туманной камеры возникла у него, когда он в утренние часы наблюдал туманы, окутывавшие высокие горы Шотландии.

Проявления действия адиабатических процессов в атмосфере весьма многочисленны и разнообразны.

А) Адиабатные процессы в природе.

1. Фён – тёплый ветер горных стран [1].

Пусть, например, воздушный поток на своём пути встречает высокий горный хребет и вынужден подниматься по его склонам вверх. Восходящее движение воздуха сопровождается его охлаждением. Поэтому климат горных стран всегда холоднее климата ближайших равнин, и на больших высотах господствует вечный мороз. На горах, начиная с известной высоты (на Кавказе, например, с высоты 3000 – 3200 м), снег уже не успевает стаять летом и накапливается год за годом в виде мощных снежников и ледников.

Когда воздушная масса опускается, она сжимается и при сжатии нагревается. Если воздушный поток, перевалив через горный хребет, спускается вниз, он снова нагревается. Так возникает фён – тёплый ветер, хорошо известный во всех горных странах – на Кавказе, в Средней Азии, в Швейцарии.

2. След в небе [9].

Почему самолёт в небе оставляет белый след? Ответ очевиден – по той же причине, по которой при дыхании на морозе появляется туман или иней. В

турбинах самолёта сгорает углеводородное топливо, а одним из продуктов горения является вода, точнее – её пар, нагретый до высокой температуры. Горячие водяные пары, вылетая из сопла турбины, сразу начинают конденсироваться, образуя нитеобразное облако, состоящее из мельчайших капелек воды или кристалликов льда, так как температура на такой высоте ниже -40°C . Иногда воздух на высоте бывает перенасыщен влагой, которая не может конденсироваться только из-за отсутствия так называемых ядер конденсации – мельчайших частиц, например, пыли. В таких случаях пролетающий самолёт, оставляя за собой частицы сажи – продукт неполного сгорания топлива, вызывает конденсацию перенасыщенных паров атмосферы. Поэтому по интенсивности белого следа от летящего самолёта можно судить о влажности воздуха в верхних слоях тропосферы, а значит, и о предстоящей погоде. Быстро исчезающий или едва заметный след говорит о том, что воздух на высоте сухой, а погода будет безоблачной. А если белый след тянется через всё небо, то следует ждать ухудшения погоды.

3. Облака - величественное и красивейшее творение природы[1].

Поверхность Земли неоднородна, из-за чего нагревание земной поверхности и прилегающего к ней слоя воздуха в различных местах оказывается неодинаковым. Воздух над участком поверхности Земли, имеющим повышенную температуру по сравнению с соседними участками, в результате нагревания при постоянном давлении расширяется. Понижение плотности воздуха при расширении приводит к тому, что он всплывает вверх, а его место занимает более плотный и холодный воздух. Подъём тёплого воздуха в более высокие слои атмосферы сопровождается его дальнейшим расширением, так как по мере удаления от поверхности Земли атмосферное давление уменьшается. Расширение воздуха происходит адиабатно и поэтому сопровождается его охлаждением. Подъём нагретого воздуха продолжается до тех пор, пока его температура в результате адиабатного охлаждения не сравняется с температурой воздуха на достигнутой высоте.

Водяной пар, содержащийся в воздухе, при подъёме и охлаждении из насыщенного становится перенасыщенным, при этом происходит его

конденсация и возникает облако, состоящее из мельчайших капель воды. Высота нижней границы облака определяется условием охлаждения поднимающегося воздуха до точки росы.

Б) Адиабатные процессы в технике.

1. Туман делает частицу видимой [5].

В своей нобелевской речи, Вильсон (рис. 15) признался, что именно с горы Бен-Невис начался его путь в науке, приведший в конце концов к созданию прибора (который впоследствии был назван «Камерой Вильсона») и, как следствие, к получению данной высокой награды. Там, на вершине, он был просто очарован великолепной игрой света в окружающих его облаках; он любовался цветными гало вокруг теней, отбрасываемых скалами. В общем, там, на вершине Бен-Невис ему страшно захотелось все увиденные им явления воспроизвести в лаборатории.

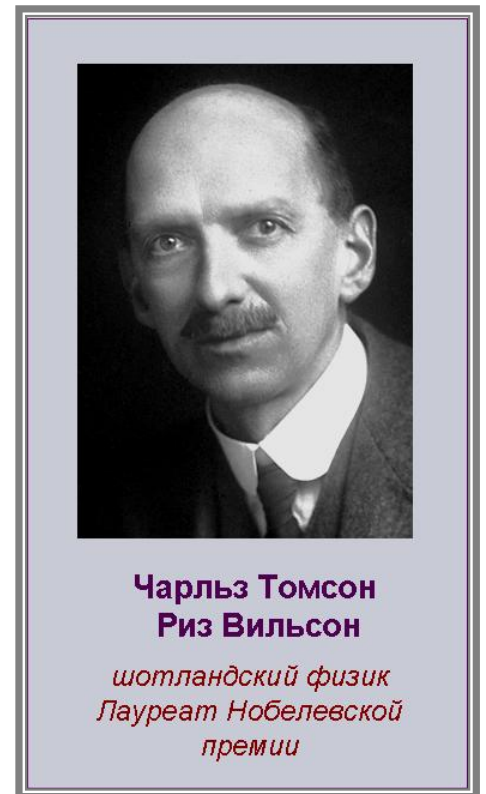
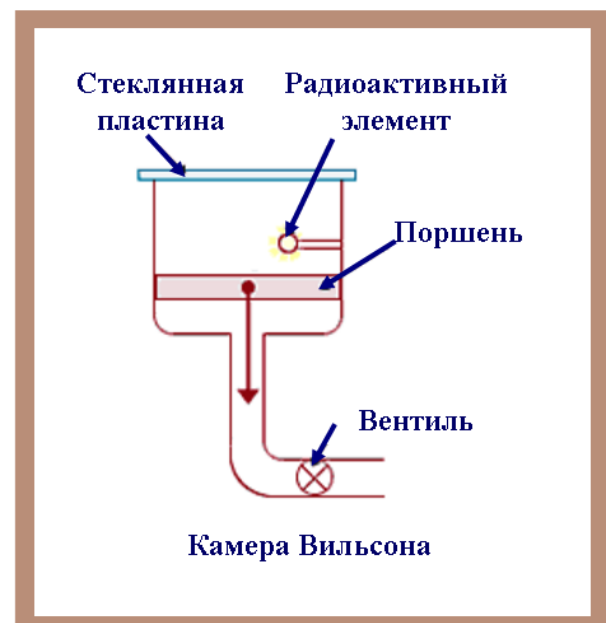


Рис. 15

Вильсон придумывает аппарат (рис. 16) в виде прозрачного цилиндра, дно которого может перемещаться. Быстрое движение поршня вниз приводило к увеличению объема камеры и падению давления и температуры в ней. При этом сквозь прозрачное окно цилиндра Вильсон наблюдал в камере сгущающийся туман. Явление это было уже хорошо известно — на мельчайших частичках пыли конденсировалась влага, ничего нового, всё как обычно. Так или иначе, но опыт



дал неожиданный результат: в чистом воздухе

Рис. 16

туман всё равно образовывается. Вильсон делает гениальное предположение, что влага конденсируется на ионах — заряженных частицах, каким-то образом возникающих в воздухе.

Создание камеры оказалось чрезвычайно трудоёмким процессом. Для неё потребовалось несколько очень сложных стеклянных деталей, которые Вильсон изготовил сам, освоив профессию стеклодува. Пол лаборатории был устлан осколками, колбы лопались вновь и вновь. Вильсон не расстраивался, начинал всё сначала, только приговаривал, пристраивая к аппарату очередную колбу: „Милая, милая, ты же потерпишь немного?“ Прибор, который мы знаем как „камера Вильсона“, и который на 40 лет станет самым важным инструментом в арсенале физики элементарных частиц, был изготовлен в 1910 году. Резерфорд высоко оценил возможности камеры Вильсона для



Рис. 17

экспериментаторов. Он сказал, что это «самый оригинальный и удивительный инструмент в истории науки» [5]. Советские физики П. Л. Капица и Д. В. Скобельцын (рис. 17) предложили помещать камеру в сильное магнитное поле, искривляющее треки, для исследования количественных характеристик частиц

2. Патент на двигатель

Изобретение теплового двигателя радикально изменило облик человеческой цивилизации. Теорию тепловых машин создал гениальный француз Сади Карно (рис. 18). Изложена она в его единственном научном труде - "Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу" (1824 г.) [2]. Именно в



Рис. 18

нём было рассмотрено в общем виде "получение движения из тепла". Он придумал и исследовал замечательную машину тепловую с идеальным газом в качестве рабочего тела. Эта машина работает по циклу Карно, состоящему из двух изотерм и двух адиабат (Рис. 19). Рассмотрим тепловую машину Карно (прямой цикл).

1. Изотерма $1 \rightarrow 2$. На участке $1 \rightarrow 2$ газ приводится в тепловой контакт с нагревателем температуры T_1 и расширяется изотермически. От нагревателя поступает количество теплоты Q_1 и целиком превращается в работу на этом участке: $A_{12} = Q_1$

2. Адиабата $2 \rightarrow 3$. Рабочее тело отсоединяется от нагревателя и продолжает расширяться без теплообмена с окружающей средой. При расширении газ совершает положительную работу A_{23} , и за счет этого уменьшается его внутренняя энергия: $\Delta U_{23} = -A_{23}$.

3. Изотерма $3 \rightarrow 4$. теплоизоляция снимается, газ приводится в контакт с холодильником температуры T_2 . Происходит изотермическое сжатие. Газ отдает холодильнику количество теплоты Q_2 и совершает отрицательную работу $A_{34} = -Q_2$.

4. Адиабата $4 \rightarrow 1$. Этот участок необходим для возврата газа в исходное состояние. В ходе адиабатного сжатия газ совершает отрицательную работу A_{41} , а изменение внутренней энергии положительно: $\Delta U_{41} = -A_{41}$. Газ нагревается до исходной температуры. Изотермы и адиабаты делают машину Карно обратимой, т.е. ее можно запустить по обратному циклу (против часовой стрелки), в этом случае машина Карно будет функционировать как холодильник.

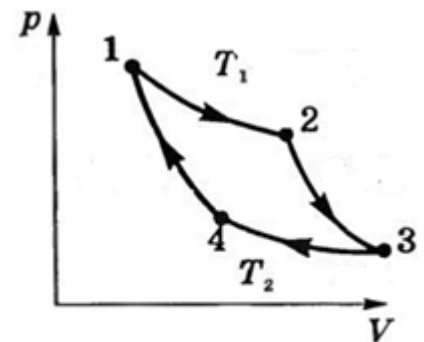


Рис.19



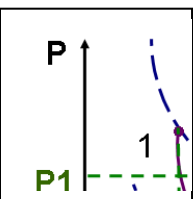
Рис. 20

Вдохновившись идеями французского инженера Сади Карно, Рудольф Дизель (рис. 20) поставил перед собой цель разработать двигатель максимально приближенный к «циклу

Карно», превосходящий существующие типы двигателей, как по мощности, так и по экономичности [6]. Удача всегда приходит к тому, кто ищет. Если постоянно думать о чём-то, то дать подсказку решения технической проблемы могут предмет или событие, на которое другие люди вообще не обратят внимания. Вот и Дизеля удача посетила совсем неожиданно. Однажды скрываясь от непогоды, Дизель забежал с музей баварского города Аугсбург. И тут его заинтересовала одна вещичка, это была воздушная зажигалка, изготовленная неизвестным мастером в 1833 – 1834 году. Внешне зажигалка не отличалась от простого шприца, и принцип её работы был достаточно прост. При быстром сжатии воздух внутри цилиндра шприца сильно нагревался и воспламенял обычный трут, используемый в кремневых зажигалках. И тут Дизеля посетила идея – а что если вместо трута в цилиндр ввести топливо. Вернувшись домой, Дизель приступил к теоретическим расчётам и чертежам двигателя, который сделает его бессмертным. Дизельный двигатель – поршневой ДВС, работающий от дизельного топлива. Топливо возгорается от сильного сжатия воздуха в цилиндре. Сегодня никакие другие двигатели внутреннего сгорания не применяются так широко, как дизели. Области применения дизелей: легковые и легкие грузовые автомобили, тяжелые грузовые автомобили, строительная и сельскохозяйственная техника, тепловозы, суда.

Заключение.

В своей работе я исследовал адиабатный процесс. Сначала теоретически, а затем на опытах доказал, что при адиабатном расширении рабочая среда, охлаждается, а при адиабатном сжатии рабочая среда нагревается. И как результат в первом случае процесс завершается появлением тумана. А во втором случае – рождается огонь. В ходе исследования было доказано, что и туман и огонь привели человека к величайшим открытиям, которые изменили науку, расширили границы познания природы, нашу жизнь, так же создал пособие по выполненной работе об адиабатном процессе для школьников.



Литература.

1. Ландсберг Г.С. (ред.). Элементарный учебник физики. Том 1 М.: ФИЗМАТЛИТ, 1985.
2. Физика. Учебник для 10 класса под редакцией А. А. Пинского, О.Ф Кабардина, Москва «» Просвещение», 2007
3. <http://www.computerra.ru/94191/kamera-vilsona-ili-tri-nobelevskie-premii-dobyityie-iz-tumana/>
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
6. <http://autopribor.ru/articles/root/rudolf-dizel/>
7. http://universal_ru_en.academic.ru/2286087/
8. <http://www.wikiquote.info/zitat/>
9. <http://www.fizportal.ru/qualitative-603>