

***Методическая разработка***

открытого урока по физике

**«Изопроцессы в газах. Газовые законы»**

Выполнила:  
преподаватель  
Н.В. Слюдова

**Содержание:**

1. Проект урока.
2. План урока.
3. Презентация к уроку.
4. Приложение 1,2,3,4
5. Характеристика группы.
6. Самоанализ урока.

**Цель:** сформировать понятие «изопроеесс»; изучить газовые законы.

**Задачи:**

- **Образовательные:** изучить газовые законы; формировать умение объяснять законы с молекулярной точки зрения; изображать графики процессов; начать обучение студентов решать графические и аналитические задачи, используя уравнение состояния и газовые законы; установление межпредметных связей (математика, биология).
- **Воспитательные:** продолжить формирование познавательного интереса студентов; продолжить формирование стремления к глубокому усвоению теоретических знаний через решение задач.
- **Развивающие:** активизация мыслительной деятельности (способом сопоставления), формирование алгоритмического мышления; развитие умений сравнивать, выявлять закономерности, обобщать, логически мыслить; научить применять полученные знания в нестандартных ситуациях для решения графических и аналитических задач.

**Тип занятия:** изучение нового материала.

### Структура занятия

№	Этап урока	Деятельность преподавателя	Прогнозируемая деятельность студентов	Время урока
1.	Организационный момент	Приветствие студентов, проверка готовности к уроку.	Приветствие преподавателя, настраиваются на активную работу.	2 мин.
2.	Актуализация опорных знаний: фронтальный опрос по ключевым вопросам; решение задач.	Закрепление знаний по пройденному материалу, подготовка студентов к изучению нового материала.	Отвечают на вопросы, решают задачи на доске и на местах.	15 мин.
3.	Мотивация учебной деятельности	Проводится с целью повышения интереса к изучаемой теме.	Слушают преподавателя.	3 мин.
4.	Сообщение темы и цели урока	В процессе беседы и постановки опыта выдвигаются задачи урока.	Студенты участвуют в беседе, выдвигают задачи урока.	3 мин.
5.	Изучение нового материала - определение изопроцесса;	Изложение нового материала с использованием презентации.	Студенты слушают, составляют и заполняют таблицу.	40 мин
	- характеристика изотермического процесса, закон Бойля - Мариотта	Изложение нового материала с использованием презентации и демонстрацией опыта.	Студенты слушают, отвечают на вопросы, заполняют таблицу	
	- характеристика изобарного процесса, закон Гей-Люссака	Предлагает по образцу установить зависимости между параметрами, характеризующими состояние газа (газовый закон), что способствует развитию логического мышления, познавательной активности. Проверяет правильность выполнения задания. Демонстрация модели изопроцесса, графических зависимостей.	Студенты работают по образцу, устанавливают зависимость, далее выступают, дополняют, при необходимости исправляют свои записи, продолжают заполнять таблицу.	
	- характеристика изохорного процесса, закон Шарля	Предлагает по образцу установить зависимости между параметрами, характеризующими состояние газа (газовый закон). Проверяет правильность выполнения задания. Демонстрация модели изопроцесса, графических зависимостей.	Студенты работают по образцу, устанавливают зависимость, далее выступают, дополняют, при необходимости исправляют свои записи, продолжают заполнять таблицу.	
6.	Закрепление изученного материала	Предлагает решить аналитические и графические задачи. Выработка практических умений и навыков при решении задач по теме.	Вместе с преподавателем анализируют и решают задачи.	23 мин.
7.	Домашнее задание	Мотивация к выполнению домашнего задания.	Записывают в тетрадь	2 мин.
8.	Подведение итогов урока. Оценка деятельности студентов.	Благодарит студентов за работу, объявляет оценки.	Обсуждают с преподавателем результативность урока. Оценивают свою деятельность.	2 мин.

## План урока:

1. Организационный момент
2. Актуализация знаний: повторение
3. Изучение нового материала
4. Закрепление, отработка умений
5. Подведение итогов урока
6. Домашнее задание

## Ход урока:

### I. Организационный этап.

Здравствуйте!!! Ребята, сегодня на занятии мы продолжим изучать свойства газов, мы попытаемся, используя уже накопленные нами знания, пройти путь первооткрывателей и сформулировать пусть уже открытые газовые законы. Но вначале повторим те знания, которые нам будут сегодня необходимы для наших исследований.

### II. Повторение изученного материала. Актуализация знаний.

А) Решение задач на доске и на местах:

Б) Фронтальный опрос:

- Сформулируйте основные положения м-к теории.
- Дайте характеристику вещества в газообразном состоянии.
- Какой газ называется идеальным?
- Какие макроскопические параметры характеризуют состояние идеального газа?
- Назовите единицы измерения физических величин.
- Что характеризует температура?
- Что характеризует температура в м-к теории?
- Чем отличается шкала Кельвина от шкалы Цельсия?
- Температура воздуха в кабинете равна  $21^{\circ}\text{C}$ , выразите эту температуру в Кельвинах.
- Какое уравнение связывает между собой макроскопические параметры? Назовите его.
- Что устанавливает уравнение Клапейрона? Назовите его.

### Решение задач:

1. Какова масса воздуха в нашем кабинете, объем кабинета равен  $130 \text{ м}^3$ , при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и давлении  $1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ? Молярная масса воздуха равна  $29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ . **(150 кг)**
2. Какое давление установилось в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания, если к концу такта сжатия температура повысилась с  $47$  до  $367^{\circ}\text{C}$ , а объем уменьшился с  $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  до  $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ? Первоначальное давление было  $1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . **( $12 \cdot 10^5 \text{ Па}$ )**

### Карточки (решение на местах):

1. Какой объем занимает  $2,8 \text{ кг}$  азота при давлении  $1 \cdot 10^6 \text{ Па}$  и температуре  $250\text{K}$ ? Молярная масса азота  $28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .

2. Определите массу углекислого газа, находящегося в баллоне объемом  $50 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Давление газа  $3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , молярная масса углекислого газа  $44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .
3. Баллон емкостью  $8,31 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$  содержит 1,6 кг кислорода. При какой температуре баллон может разорваться, если он выдерживает давление  $2 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ? Молярная масса кислорода  $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .
4. Определите давление кислорода, находящегося в баллоне емкостью  $5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ , если при температуре  $300\text{K}$  он имеет массу 1,6 кг. Молярная масса кислорода  $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .

### **Проверка решения задач на доске (последнюю задачу записать)**

### **Изучение нового материала**

Газы играют важную роль в природе и технике. Земля окружена газовой оболочкой. Шины автомобилей заполняются газом (воздухом). Газ является хорошим амортизатором.

Именно газы, расширяясь, выталкивают пулю из ружья и снаряд из пушки. Газы вращают турбины, толкают поршни в двигателях (студенты приводят примеры).

Во всех случаях происходит изменение состояния газа. Поэтому нужно знать к чему приведет то или иное изменение состояния газа. Уравнение Менделеева-Клапейрона, и уравнение Клапейрона для любых двух состояний позволяет это сделать.

Но, если одновременно меняются все три характеристики состояния газа (**как в задаче, которую мы рассматривали**), то трудно установить какие-либо закономерности. Многие процессы изменения состояния газов в природе и в тепловых машинах происходят так, что один из трех параметров (давление, объем, температура) остается или специально поддерживается постоянным, а два других параметра при этом изменяются.

### **Сегодня на уроке мы рассмотрим такие процессы. Тема урока: ИЗОПРОЦЕССЫ. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ.**

**Цель:** Нам предстоит выяснить, какие процессы называются изопроцессами и для каждого изопроцесса установить зависимости между параметрами, т.е. сформулировать газовые законы.

**Проведем эксперимент: «Опыт со шприцом»** - Уменьшая объем, давление газа в цилиндре шприца возрастает. **А температура – остается неизменной. Остается постоянной и масса газа.**

**Процесс, при котором один из макроскопических параметров состояния данной массы газа остается постоянным называется изопроцессом.**

**«изос»** - в переводе с греческого – **равный**.

Макроскопических параметров – три, следовательно, изопроцессов тоже три.

Количественные зависимости между двумя параметрами газа одной и той же массы при неизменном значении третьего параметра называют **газовыми законами**.

Для каждого изопроцесса существует свой газовый закон. Сегодня мы попробуем самостоятельно получить формулировки газовых законов.

По сравнению с 17-18 в. для вас эта задача значительно упрощена. Выступая в роли исследователей, вам самим придется анализировать увиденное, объяснять результаты и делать выводы.

По ходу урока весь новый материал будем систематизировать и заносить в таблицу.

## 1. Первый изопроцесс - анализ опыта

**$T = \text{const}$  – изотермический процесс – процесс изменения состояния газа, происходящий при постоянной температуре.**

(записываем определение в таблицу)

Изотермический процесс экспериментально исследовали английский ученый Роберт Бойль (1662 г) и французский физик Эдм Мариотт (1676 г). Они независимо друг от друга установили закон, впоследствии названный законом Бойля – Мариотта.

Повторим их опыты на современном оборудовании. Т.к. температура газа не меняется, зависимости будем устанавливать между параметрами  $P$  и  $V$ . Как связаны между собой эти параметры? Вспомним «опыт со шприцом». (**Если объем уменьшается то давление газа возрастает и наоборот**).

**Проверим экспериментально:** Гофрированный сосуд, объем газа в этом сосуде можно изменять, манометр – прибор для измерения давления. На шкале 0 – это означает, что в сосуде давление газа равно атмосферному. Манометр будет показывать разность между атмосферным давлением и давлением, которое устанавливается в сосуде.

Полученные данные говорят о том, что при уменьшении объема газа его давление растет. Современная техника позволяет не только наблюдать, но и устанавливать зависимости. **(Демонстрация видеоролика)**

Р. Бойль и Эдм Мариотт провели огромное число измерений (Бойль с воздухом, Мариотт с другими газами) и установили.

(записываем формулу и формулировку в таблицу)

**Для газа данной массы произведение объема газа на его давление постоянно, если температура газа не меняется.**

**$pV = \text{const}$ , при  $T = \text{const}$  и  $m = \text{const}$  – закон Бойля - Мариотта**

**Математический вывод закона.**

Уравнение Клапейрона устанавливает связь между параметрами  $p, V, T$  в двух любых состояниях, (это вытекает из уравнения Менделеева – Клапейрона)

$p_1 V_1 / T_1 = p_2 V_2 / T_2$ , прим  $= \text{const}$ , т.к.  $T = \text{const}$ , следует  $T_1 = T_2$ , следовательно,  **$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{const}$**

т.е.  **$pV = \text{const}$  - закон Бойля – Мариотта.**

**Давление** возникает за счет ударения молекул о стенки сосуда. При уменьшении объема, число столкновений увеличивается, следовательно возрастает давление газа. И наоборот.

Графическая зависимость давления от объема называется **изотерма – или гипербола**.

Закон Бойля-Мариотта справедлив для любых газов, а так же и для их смесей, например, для воздуха. (Лишь при давлениях, в несколько сотен раз больших атмосферного, отклонения от этого закона становятся существенными.)

**Однако газовые законы активно работают не только в технике, но и в живой природе. (Выступление студента )**

## 2. Второй изопроцесс– изобарный процесс – анализ опыта

**$p = \text{const}$  – изобарный процесс – процесс изменения состояния газа, происходящий при постоянном давлении.**

Зависимость устанавливается между параметрами – объем и температура. (Температура возрастает – объем газа увеличивается, и наоборот)

**Предложить самостоятельно вывести закон, устанавливающий связь между параметрами, используя уравнение Менделеева – Клапейрона – по аналогии с предыдущим выводом.**

Представим себе, что объем газа резко увеличивается. Это должно привести к снижению давления, так как молекулы теперь реже ударяются о стенки сосуда. Чтобы давление осталось неизменным, молекулы должны быстрее двигаться. Тогда они будут за то же время, что и раньше, пробегать уже большее расстояние (до стенок сосуда), и число ударов молекул о стенки за единицу времени не изменится. Поскольку температура характеризует скорость движения молекул, для сохранения неизменного давления **увеличение объема должно сопровождаться повышением температуры.**

Зависимость между параметрами – объем и температура была установлена экспериментально в 1802 году французским физиком Жаком Гей-Люссаком.

**Для газа данной массы отношение объема газа к температуре постоянно, если давление газа не меняется.**

**$V/T = \text{const}$  , при  $p = \text{const}$  и  $m = \text{const}$  – закон Гей-Люссака**

Данная зависимость также имеет графическое представление – линейная зависимость. График называется – **изобара**.

Объем данной массы газа при  **$p = \text{const}$**  зависит от температуры по линейному закону

$V = V_0(1 + \alpha \Delta t)$ , где  $\alpha$  – температурный коэффициент объемного расширения – для всех газов  $\alpha = 1/273 \text{ К}$

## 3. Третий процесс –СЛАЙД – анализ опыта.

**$V = \text{const}$ - изохорный процесс – процесс изменения состояния системы при постоянном объеме.**

**Ребята, о чем говорится в следующем выражении: «Если пар не выпускать, и чайник может бомбой стать»?**

Итак, зависимость будем устанавливать между давлением и температурой.

**История открытия:** В 1787 году французский ученый Жак Шарль измерял давление различных газов при нагревании при постоянном объеме и установил линейную зависимость давления от температуры, но не опубликовал исследование. Через 15 лет к таким же результатам пришёл и Гей-Люссак и, будучи на редкость благородным, настоял, чтобы закон назывался в честь Шарля.

**В чем же он заключается?**

**По аналогии устанавливаем закон, которому подчиняется изохорный процесс.**



Изохорный процесс, протекает при неизменном объеме  $V$  и условии что  $m = \text{const}$  и  $M = \text{const}$ .

**Для газа данной массы отношение давления к температуре постоянно, если объем не меняется.  $p/T = \text{const}$ ,  $m = \text{const}$  и  $M = \text{const}$**

Закон Шарля имеет следующее объяснение. При возрастании температуры газа, молекулы начинают двигаться быстрее и, чаще соударяются со стенками сосуда. Это приводит к увеличению давления в сосуде.

**График уравнения изохорного процесса называется изохорой.**

При  $V = \text{const}$  давление данной массы газа зависит от температуры по линейному закону:

$$p = p_0(1 + \beta \Delta t)$$

**Изохорный процесс используется в газовых термометрах постоянного объема. Также изохорный процесс можно осуществить при нагревании воздуха при постоянном объеме.**

**Выступление студента: «Газовый термометр»**

**Закрепление: а) фронтальный опрос:**

- Дайте определение изопроцесса.
- Какой процесс называется изотермическим?
- Как читается закон для изотермического процесса?

**б) решение задач:**

1. Воздух под поршнем насоса имел давление  $10^5 \text{ Па}$  и объем  $2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ . При каком давлении этот воздух займет объем  $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ , если температура газа не изменяется? ( **$1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$** )
2. Газ при температуре  $300 \text{ К}$  занимает объем  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ . Какой объем займет та же масса газа, если температура: повысится до  $324 \text{ К}$ , понизится до  $270 \text{ К}$ ? Давление газа считать неизменным. ( **$2,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;  $2,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$** )
3. Найдите во всех системах координат: а) изотермы; б) изобары; в) изохоры (см. презентацию)
4. На рисунке представлен замкнутый цикл изменения состояния системы. Вычертить эту диаграмму в координатах  $pV$  и  $VT$ . (см. презентацию)

**Подведение итогов:**

Сегодня на уроке мы познакомились с изопроцессами – процессами изменения состояния системы при неизменном значении одного из параметров, для каждого изопроцесса сформулировали закон. Дома проработайте материал урока, закончите решение задачи, постройте диаграмму изменения системы в координатах  $VT$ . Подготовьтесь к практической работе.

**За работу на уроке получили следующие оценки:**

**Всем спасибо за урок**

1. Какова масса воздуха в нашем кабинете, объем кабинета равен  $\text{м}^3$ , при температуре  $20^\circ\text{C}$  и давлении  $1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ? Молярная масса воздуха равна  $29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ . Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/моль К}$ .

2. Какое давление установилось в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания, если к концу такта сжатия температура повысилась с  $47$  до  $367^\circ\text{C}$ , а объем уменьшился с  $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  до  $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ? Первоначальное давление было  $1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/моль К}$ . ( **$12 \cdot 10^5 \text{ Па}$** )

### Карточки (решение на местах)

1. Какой объем занимает  $2,8 \text{ кг}$  азота при давлении  $1 \cdot 10^6 \text{ Па}$  и температуре  $250 \text{ К}$ . Молярная масса азота  $28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ . Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/моль К}$ .
2. Определите массу углекислого газа, находящегося в баллоне объемом  $50 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Давление газа  $3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , молярная масса углекислого газа  $44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ . Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/моль К}$ .
3. Баллон емкостью  $8,31 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$  содержит  $1,6 \text{ кг}$  кислорода. При какой температуре баллон может разорваться, если он выдерживает давление  $2 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ? Молярная масса кислорода  $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ . Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/моль К}$ .
4. Определите давление кислорода, находящегося в баллоне емкостью  $5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ , если при температуре  $300 \text{ К}$  он имеет массу  $1,6 \text{ кг}$ . Молярная масса кислорода  $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ . Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/моль К}$ .

### Приложение №2

#### Применение закона Бойля - Мариотта

Закон Бойля-Мариотта начинает «работать на человека» (как, впрочем, и на любое млекопитающее) с момента его рождения, с первого самостоятельного вдоха.

При дыхании межреберные мышцы и диафрагма периодически изменяют объем грудной клетки. Когда грудная клетка расширяется, давление воздуха в легких падает ниже атмосферного, т.е. «срабатывает» изотермический закон ( $pV = \text{const}$ ), и вследствие образовавшегося перепада давлений происходит вдох. Другими словами воздух идет из окружающей среды в легкие самотеком до тех пор, пока величины давления в легких и в окружающей среде не станут одинаковыми. Выдох происходит аналогично: вследствие уменьшения объема легких давление воздуха в них становится больше, чем внешнее атмосферное, и за счет обратного перепада давлений он переходит наружу.

### Приложение № 3

#### «Газовый термометр»

Наиболее простым газовым термометром является термометр постоянного объема. Измерение температуры с помощью этого термометра основано на законе Шарля. Газовый термометр представляет собой сосуд, заполненный газом: азотом, аргоном или гелием. Сосуд соединен гибкой трубкой с ртутным манометром, которым измеряют давление газа и

поддерживают его постоянный объем. Сначала измеряют давление при некоторой фиксированной температуре  $T_0$ . Затем измеряют давление при температуре  $T$ . Зная давление  $p_0$  при температуре  $T_0$  и давление  $p$  при температуре  $T$ , температуру  $T$  определяют по формуле  $T = T_0$ .

В качестве этой температуры обычно выбирается температура тройной точки воды, т. е. температура состояния, в котором лед, вода и водяной пар находятся в тепловом равновесии. Газовый термометр для точных измерений — очень сложное устройство. Для измерения температуры при физических исследованиях он применяется редко. Основное его назначение — использование для градуировки более простых, вторичных термометров. Эта градуировка производится в бюро стандартов, в метрологических институтах и в отдельных физических лабораториях. Для градуировки обычных, широко применяемых термометров используются вторичные термометры.

## Характеристика группы

Открытое занятие по физике проводился в группе студентов, обучающихся на первом курсе по специальности 09.02.07 Информационные системы и программирование. В группе 25 студентов. Группа дружная, ребята все добрые, отзывчивые, работать в группе не сложно, несмотря на то, что уровень знаний за школьный курс не очень высокий.

По итогам срезовой работы за школьный курс из 24 студентов, выполнявших работу оценку «3» имеют 16 человек, остальные с работой не справились. В настоящее время «неуспевающих» в группе нет, многие студенты стали серьезнее относиться к изучению дисциплины и добиваются неплохих результатов. Активно участвуют в работе на уроке, выполняют домашние индивидуальные задания. Взаимоотношения между студентами в группе и между преподавателем и студентами хорошие.

### Самоанализ урока

по теме:

#### «Изопроцессы в газах. Газовые законы»

Цель урока заключалась в изучении изопроцессов, происходящих в газах и установлении зависимостей между параметрами, характеризующими состояния газа при заданных условиях, т.е. сформулировать газовые законы.

Тема «Изопроцессы в газах. Газовые законы» изучается в разделе «Молекулярная физика» в главе «Основы молекулярно-кинетической теории», опирается на знание студентами основных положений молекулярно-кинетической теории, строения и свойств газа, уравнения состояния идеального газа и готовит студентов к выполнению практической работы.

Урок изучения и первичного закрепления новых знаний. На уроке использовались репродуктивные, частично-поисковые и исследовательские методы обучения для достижения следующих задач:

- *образовательные*: изучить газовые законы, формировать умение объяснять законы с молекулярной точки зрения; изображать графики процессов, научить применять полученные знания для решения аналитических и графических задач.
- *развивающие*: создать условия для развития мыслительных способностей в процессе решения ими проблемных вопросов и выполнения заданий; развивать способность алгоритмического мышления; умения сравнивать, выявлять закономерности, обобщать; применять знания для решения аналитических и графических задач.
- *воспитательные*: воспитание инициативы, уверенности в своих силах, настойчивости, умения преодолевать трудности, добиваться намеченной цели, действовать самостоятельно.

С целью создания дидактически активной среды, способствующей продуктивной познавательной деятельности в ходе изучения, усвоения материала и развития мышления студентов я использовала презентацию, проводила эксперимент.

Актуализация опорных знаний в форме решения задач и фронтального опроса способствует подготовки к изучению нового материала, закрепляет знания, развивает мышление и речь студентов.

Мотивацию учебной деятельности студентов провожу с помощью эксперимента, это позволяет сосредоточить внимание, вызвать интерес, заставляет анализировать ситуацию и подводит к необходимости изучения данного вопроса. Исследование изопроцессов студенты проводят по алгоритму, предложенному преподавателем и анализируя модели опытов изопроцессов. Все выводы оформляются в таблице. Это способствует развитию мышления, воображения, умения анализировать, сравнивать и делать выводы.

При подготовке к уроку, студентам было предложено индивидуальное задание - сообщение «Изопроцессы в живой природе», это способствует развитию навыков самостоятельной работы, творческих способностей, ответственности.

Успешность усвоения нового материала проверяю через решение аналитических и графических задач.

При обобщении материала студенты повторяют определение изопроцессов и зависимости между макроскопическими параметрами для данного состояния. Обращается внимание на практическую значимость данного материала.

Поставленные цель и задачи на уроке были достигнуты. Студенты решали задачи, выполняли анализ графических зависимостей между макропараметрами для данного состояния газа. Ребятам на уроке было интересно, они активно работали.

Подвожу итог урока, комментирую деятельность студентов, объявляю оценки и благодарю за работу.