

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ДУВАНСКИЙ МНОГОПРОФИЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ  
ФИЛИАЛ ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ДУВАНСКИЙ МНОГОПРОФИЛЬНЫЙ  
КОЛЛЕДЖ с. ВЕРХНИЕ КИГИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

## **МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ**

Решение задач по теме:

«Основные положения молекулярно-кинетической  
теории идеальных газов»  
по учебной дисциплине Физика  
для студентов первого курса  
по специальности

43.02.15 Поварское и кондитерское дело.

Разработчик:

Закирова Альфира Фаритовна  
преподаватель физики  
филиала ГБПОУ ДМК с.Верхние Киги

с. Верхние Киги

2023 г.

## **Пояснительная записка**

Изучение физики как науки о наиболее общих законах природы вносит значительный вклад в формирование научной картины мира у будущих специалистов. Понимание специалистами физических закономерностей обеспечивает эффективное использование ими применяемого на производстве оборудования, регулирование и управление производственными процессами, соблюдение правил охраны труда.

Интенсификация и профессионализация осуществляются через системно-деятельностный и компетентностный подход. В то же время, изучение физики как основы техники является базой формирования элементов общих и профессиональных компетенций будущих специалистов.

Одним из основных видов деятельности студентов на уроках физики является решение задач. Особое место занимают задачи, имеющие профессионально направленное содержание. Решение задач способствует развитию у студентов внимательности, волевых качеств, аналитических способностей, памяти, умения грамотно оформлять решение, читательскую и математическую грамотность. Решение задач профессиональной направленности является условием предупреждения формализма в знаниях студентов и условием выработки у них умения применять знания на практике.

Разработка урока на тему «Решение задач по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории идеальных газов» является частью образовательной программы базовой дисциплины «Физика» для студентов 1 курса по специальности 43.02.15 Поварское и кондитерское дело. Урок является завершающим в главе «Основы молекулярно-кинетической теории идеальных газов».

Методическая разработка предназначена для проведения практического занятия по теме «Решение задач по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории идеальных газов». В методической разработке отражены цели, обеспечение урока, имеются этапы планирования урока с описанием всех элементов занятия.

После изучения темы студент должен знать - основные положения МКТ; основные физические величины, характеризующие молекулы; количество вещества, относительная молекулярная масса, число Авогадро; основное уравнение МКТ газа; понятие о температуре как характеристике состояния теплового равновесия системы; понятие об абсолютном нуле; газовые законы, уравнение Менделеева—Клапейрона, изопроцессы в идеальном газе с постоянным количеством вещества: изотерма, изохора, изобара.

Студент должен уметь – самостоятельно работать с литературой, отвечать на вопросы (фронтальный, индивидуальный опрос); применять полученные

физические законы при решении задач; анализировать, делать выводы по заданной теме; самостоятельно проводить математические преобразования; развивать навыки решения качественных, экспериментальных, вычислительных, графических задач.

Цель методической разработки: помочь преподавателю более эффективно и рационально провести практическое занятие по итогам раздела, проверить и закрепить теоретические знания с использованием различных форм и методов контроля.

В организационном моменте идет проверка подготовленности студентов к уроку, организация внимания. Далее, раскрываются общие цели урока и ознакомление студентов с планом работы и темой урока. Актуализация знаний обучающихся проводится в форме фронтального и индивидуального опроса, что позволяет за короткое время проверить опорные знания студентов, настроить на дальнейшую работу. На следующих этапах проводится углубление знаний и умений: самостоятельное выполнение контрольных заданий, решение качественных, вычислительных, экспериментальных, графических задач.

В конце урока подводятся итоги,дается домашнее задание.

## **План урока**

**Преподаватель:** Закирова Альфира Фаритовна

**Тема:** Решение задач по теме: «Основные положения молекулярно-кинетической теории идеальных газов».

**Вид занятия:** практическое занятие

**Тип урока:** систематизация и обобщение знаний и способов действия.

**Цель урока:** научить студентов умению решать задачи различного уровня сложности.

**Задачи:**

1. *Образовательная*: закрепить основные положения МКТ теории идеального газа, Проверить умение применять основное уравнение состояния идеального газа при решении задач.

2. *Развивающая*: продолжить формирование элементов творческого поиска, уметь сравнивать, выявлять закономерности, обобщать, логически мыслить.

3. *Воспитательная*: продолжить воспитание личностных качеств; взаимопомощь, чувство коллектизма, ответственность, организованность, познавательного интереса, творческой мыслительной деятельности.

## **Общие компетенции**

### **ФГОС СПО 43.02.15 Поварское и кондитерское дело.**

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

## **Методы и приемы обучения:**

- наглядно-иллюстративный;
- проблемно-поисковый;
- информационно-коммуникационный;
- работа в группах;
- кейс-метод

**Межпредметные связи:** дисциплины «Математика»; «Химия»

## **Обеспечение урока:**

1. *Раздаточный материал:*

- кейс, включающий необходимые материалы для выполнения обучающимися задания
2. *TCO:*
    - мультимедийный проектор, экран
  3. *Литература:*

Основная

1.Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профиля: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. — М. Издательский центр «Академия» ,2018.

Дополнительная

    1. Р.А. Рымкевич Физика. Задачник. М.2013
    2. Ю.А. Сауров Физика. Поурочные разработки. М. 2015
    3. В.А.Волков Поурочные разработки по физике. М. 2007
    4. Методические рекомендации по организации обучения (разработка дидактических материалов) По общеобразовательной дисциплине «Физика» М. ИРПО 2022

**Требования к результатам усвоения учебного материала:**

*Студенты должны знать:* теоретический материал по данной теме

*Студенты должны уметь:* применять полученные знания на практике

**Содержание урока**

    1. Организационный момент (1мин):
    2. Сообщение темы, цели и плана урока (2 мин)
    3. Актуализация знаний. Фронтальный и индивидуальный Самостоятельное выполнение контрольного задания. опрос (5 мин)
    4. Практикум (34 мин)

Решение общей задачи соответствующей сложности.

Решение индивидуальной задачи.

Решение качественных задач

Эксперимент

Решение графических задач
    - 5.Сообщение домашнего задания (1 мин)
    - 6 .Подведение итогов урока (2 мин)

- Формулирование выводов по итогам урока.
- Рефлексия

## Ход урока

### 1. Организационный момент

Взаимное приветствие преподавателя и студентов, проверка подготовленности студентов к уроку, организация внимания.

### 2. Раскрытие общей цели урока и ознакомление студентов с планом работы.

Получение обучающимися индивидуального пакета с заданиями, опорными конспектами. В процессе выполнения заданий студенты активно пользуются опорными конспектами. Самопроверка по эталонам ответов (выдается преподавателем по окончании выполнения каждого задания) и самооценка своей работы. Заполнение листа самооценки.

### 3. Актуализация знаний обучающихся.

**3.1 Фронтальный и индивидуальный опрос.** Систематизация изученного материала на основе структуры физической теории.

1. Каков предмет изучения молекулярно-кинетической теории?
2. Сформулировать основные положения МКТ.
3. В каких средах происходит диффузия?
4. Изменяется ли скорость движения молекул при повышении температуры вещества?
5. Что такое относительная молекулярная масса?
6. Массу атома, выраженную в атомных единицах массы, называют...
7. Что называется количеством вещества?
8. Какой тепловой процесс называется изохорным?
9. Какой тепловой процесс называется изобарным?
10. Какой тепловой процесс называется изотермическим?

### 3.2 Самостоятельное выполнение контрольного задания.

Задание №1 Проверка знания величин, единиц измерения и формул.

Студентам предлагается заполнить таблицу, учитывая, что на «удовлетворительно» заполняется 1-4 строки, на «хорошо» заполняется 1-6 строки, на «отлично» 1-8 строки.

№	наименование величины	обозначение	формула	единица измерения
1	Количество вещества			
2	Масса молекулы			
3	Число молекул			
4	Постоянная Авогадро			

5	Давление газа			
6	Плотность вещества			
7	Универсальная газовая постоянная			
8	Средняя квадратичная скорость молекулы газа			

Задание №2: Физический диктант «Закончи фразу».

Студентам предлагается закончить фразу, учитывая что, на «удовлетворительно» необходимо ответить с 1 -3 вопроса, на «хорошо» с 1- 4 вопроса, на «отлично» с 1-5 вопросов.

1. Давление идеального газа пропорционально....
2. Какова связь между средней кинетической энергией молекул и давлением газа?
3. Абсолютный нуль температуры это...
4. Какова связь давления со средней кинетической энергией молекул?
5. Масса любого количества вещества равна...

**4.Практикум.** Применение полученных знаний к конкретно-проблемным ситуациям.

Решение задач

Задание №3 Решение общей задачи соответствующей сложности.

Студентам предлагается решить задачу выбранной сложности .

1. «Удовлетворительно» - Определить массу молекулы воды ( $H_2O$ ).
2. «Хорошо» - Определите массу молекулы пищевой соды( $NaHCO_3$ ).
3. «Отлично» - Найти число атомов в серебряной ложке массой 54 г.

Задание №4 Решение индивидуальной задачи.

Студентам предлагается решить индивидуальную задачу выбранной сложности.

1. «Удовлетворительно» - Задачи № 2, 4
2. «Хорошо» - Задачи № 1,3
3. «Отлично» - Задачи № 5,6

Преподаватель оказывает консультативную помощь при решении. Выдает листы с помощью.

***Решите задачи самостоятельно.***

Внимательно прочитайте все задачи. Выберите задачи и начинайте решать.

1. Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении 200кПа и температуре 240К его объем равен 40 л?

2. Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул гелия, если при давлении  $0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$  их концентрация  $n = 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3}$
3. Баллон вместимостью 40 л содержит 1,98 кг углекислого газа. Баллон выдерживает давление не выше  $30 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$ . При какой температуре возникает опасность взрыва?
4. Определите массу молекулы уксусной кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
5. Каково давление сжатого воздуха, находящегося в баллоне вместимостью 20 л при  $12^\circ\text{C}$ , если масса этого воздуха 2 кг?
6. Определить молярную массу газа, если при температуре  $T = 300 \text{ К}$  и давлении  $p = 0,2 \text{ МПа}$  он имеет плотность  $\rho = 2,41 \text{ кг/м}^3$ .

**Помощь при решении задач.**

**Задача №1**

1. Запишите данные. Выразите данные в СИ.
2. Запишите формулу количества вещества и уравнение Менделеева –Клапейрона.
3. Замените в уравнении Менделеева –Клапейрона. отношение массы к молярной массе количеством вещества.
4. Выразите количество вещества из данного уравнения.

**Задача №2**

1. Запишите данные .
2. Запишите формулу давления через кинетическую энергию.
3. Выразите энергию.

**Задача №3**

1. Запишите данные и сделайте перевод в СИ
2. Запишите уравнение Менделеева –Клапейрона.
3. По таблице Менделеева определите молярную массу кислорода и углерода.  
Найдите молярную массу углекислого газа.
4. Выразите температуру из уравнение Менделеева –Клапейрона.

**Задача №4**

1. По таблице Менделеева определите молярную массу водорода, кислорода и углерода.
2. Запишите формулу массы одной частицы.
3. Постоянную Авогадро найдите в справочнике.

**Задача №5**

1. Запишите данные. Выразите данные в СИ.
2. Запишите уравнение Менделеева –Клапейрона.
3. Найдите давление

### **Задача №6**

1. Запишите данные.
2. Запишите уравнение Менделеева-Клайперона
3. Выразите отношение массы к объему через плотность в уравнении Менделеева-Клайперона.
4. Выразите молярную массу и найдите ее значение.

**Задание №5** Решение качественных задач. Студентам предлагается решить качественные задачи, учитывая что, на «удовлетворительно» необходимо решить с 1 -4 задачи, на «хорошо» с 1- 6 задачи, на «отлично» с 1-8 задачи.

- 1..Объясните распространение запаха свежеиспеченного хлеба.
- 2..Вам необходимо быстро получить малосольные огурцы. В какой воде – холодной или горячей – вы будете осуществлять засолку?
3. Где сливки отстоятся быстрее в холодильнике или при комнатной температуре?
- 4..Соленая сельдь, после того как ее положили на некоторое время в воду, становится менее соленой. Почему?
- 5.Когда кастрюля с кипящей водой стоит в жаркой печи, то паров воды над ней не видно. Если же кастрюлю вынуть из печи. То над ней сразу появляется пар. Почему?
- 6.Объясните принцип приготовления пищи на пару.
- 7.Почему овощи нужно варить в закрытой кастрюле?
- 8.Для размягчения горох перед варкой размачивают в воде. Какое при этом используется явление?

**Задание №6** Эксперимент. Преподаватель выполняют мини опыты. Студенты делают выводы о наблюдаемых явлениях.

1. «Удовлетворительно» - Правильные ответы на вопросы опыта 1
2. «Хорошо» - Правильные ответы на вопросы опытов 1-2
3. «Отлично» - Правильные ответы на вопросы опытов 1-3

**Опыт 1.** В стакан налита вода, положить 3 кусочка сахара и размешать.

Вопросы:

1. Что мы наблюдаем?
2. Подумайте, почему это происходит?
3. Какие выводы мы можем сделать?

**Опыт 2.** В один стакан налита холодная вода, в другой горячая. После ответов на первый вопрос положить в каждый стакан пакетик.

Вопросы:

- Что будет происходить, если положить в каждый стакан пакетик с чаем? В каком из стаканов вода окраситься быстрее?
- Почему быстрее окрасилась горячая вода?
- Почему на окрашивание холодной воды требуется больше времени?

**Опыт 3.** В стакан насыпать горох, поверх гороха посыпать пшено. Встряхнуть стакан.

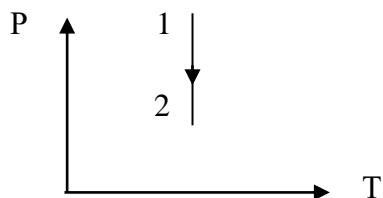
Вопросы:

- Что мы наблюдаем?
- Почему пшено проникла между горохом?
- Какие выводы вы можете сделать?

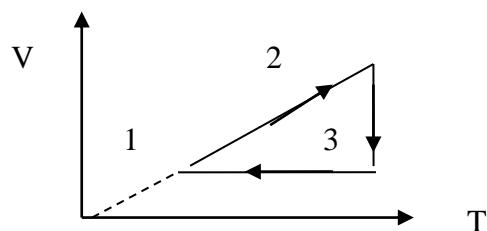
Задание 7 Изопроцессы в газах. Построить графики процесса происходящего с идеальным газом. Решение графических задач. Обучающийся выбирает задание.

- «Удовлетворительно» - задание 1
- «Хорошо» - задание 2
- «Отлично» - задание 3

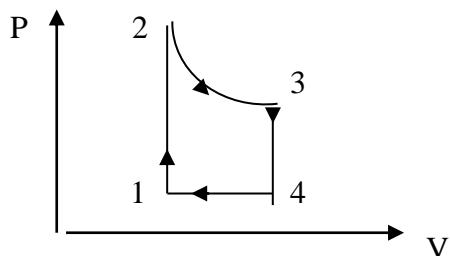
- Определить какой это процесс? Начертить данный график в осях  $P(V)$ ,  $V(T)$ .



2. Постройте графики изопроцесса, происходящего с идеальным газом в координатах  $P(V)$ ;  $P(T)$



3. Постройте графики изопроцесса, происходящего с идеальным газом в координатах  $P(T)$ ;  $V(T)$



## **5.Сообщение домашнего задания.**

**Д/з:** Ответить на контрольные вопросы в конце главы 8 учебника Физика А.В.Фирсов.

## **6.Подведение итогов урока**

Формулирование выводов по итогам урока.

Рефлексия. Устная беседа.

Самооценка обучающихся результатов своей деятельности.

- 1.Какие задания Вам показались наиболее интересными?
- 2.Какие задания вам показались наиболее сложными?
- 3.Какую форму организации работы на уроке Вы предпочитаете: групповую или индивидуальную:

Студенты участвуют в беседе, отвечают на вопросы, показывают свое отношение к уроку. Принимают результаты рефлексии.

Сдают лист самооценки.

Задания проверяются преподавателем после урока, оценки выставляются всем обучающимся.

## Комплект дидактических материалов для выполнения практической работы

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МКТ И ИХ ОПЫТНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ**

**I положение МКТ** – все вещества состоят из частиц (структурные частицы вещества), разделенных промежутками

Подтверждения:**A) прямые**

- фотографии атомов и молекул
- определение масс и размеров молекул

**Б) косвенные**

- дробление веществ
- испарение
- тепловое расширение
- изменение объема при смешивании

**Характеристики атомов и молекул**

- **масса атомов**  
 $m_0$ , [ кг ],  $m_0 = 10^{-26}$  кг.

$$(A_r) M_r - \text{относительная атомная (молекулярная) масса} \quad M_r = \frac{m_0}{12m_{0c}}; [-]$$

- **количество вещества**  $\nu = \frac{N}{N_a}$ ; [ моль ],  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>

- **молярная масса**  $M = \frac{m}{\nu}$ ; [ кг/ моль ]

$$\nu = \frac{N}{N_a} = \frac{m}{M}$$

$$M = m_0 N_A = M_r \cdot 10^{-3}$$

**II положение МКТ** – структурные частицы вещества находятся в непрерывном хаотичном движении

Подтверждения:**A) прямые**

- определение скоростей молекул – опыт Штерна, 1920г.
- $v = 300 \div 700$  м/с;
- $\lambda$  – длина свободного пробега,  $\lambda = 10^{-7}$  м

**Б) косвенные**

- диффузия – это...
- Скорость диффузии зависит от:*
  - состояния вещества
  - температуры
- броуновское движение – это...
- Броун (наблюдение), 1826г.*  
*Эйнштейн (теория), 1905г.*

**III положение МКТ** – структурные частицы вещества взаимодействуют друг с другом с силами притяжения и отталкивания

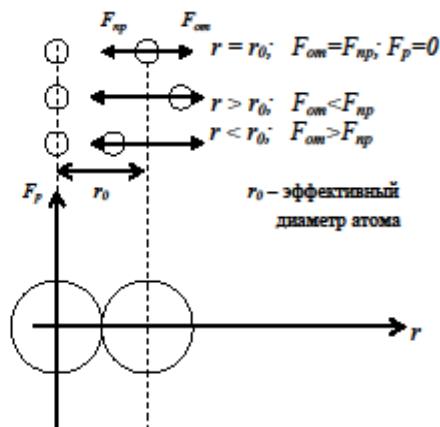
Подтверждения:**A) косвенные**

- слипание свинцовых цилиндров
- прилипание стекла к воде
- упругие деформации
- сжимаемость твердых тел, жидкостей и газов

*Природа молекулярных сил – электромагнитные силы*

*Особенности молекулярных сил:*

- Одновременное проявление отталкивания и притяжения
- Короткодействующие
- Не зависят от числа «соседей»



## ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МКТ

### Идеальный газ – простейшая физическая модель

Расстояние между молекулами  $\gg r_0$  (молекулы – материальные точки);  
 $F_{\text{пр}} \rightarrow 0$ ;  
 $F_{\text{сил}}$  – только при ударах;

Молекулы – упругие шары;  
Движение молекул по законам  
Ньютона

Макроскопические (термодинамические) параметры – это...

- Объем,  $V$ , [  $\text{м}^3$  ]

Прибор для измерения – мензурка  
(для жидкостей и сыпучих веществ)

$$V_{\text{тела}} = S_{\text{основ}} h$$

$$V_{\text{параллелеп}} = abc; V_{\text{цилиндра}} = \pi R^2 h; V_{\text{шара}} = 4/3 \pi R^3$$

- Давление – это... ;  $p$ , [ Па ]

$$p = \frac{F_{\perp}}{S}$$

частные случаи:

атмосферное давление – это...,

$$p_a, [\text{Па}], [\text{мм рт.ст.}]$$

нормальное атмосферное давление:

$$p_{0a} = 10^5 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт.ст.}$$

гидростатическое давление – это...,

$$p = \rho g h$$

Приборы для измерения давления:

- атмосферного – барометр (ртутный, анероид)
- отличного от атмосферного – манометр (жидкостный, металлический, электрический)

- Температура – см. ниже.

$$t, [\text{°C}]; T, [\text{K}].$$

Прибор для измерения температуры – термометр (жидкостный, газовый, металлический, электрический)

Микроскопические параметры – это...

- Масса молекулы,  $m_0$ , [ кг ],  $m_0 = 10^{-26} \text{ кг}$

- Средний квадрат скорости молекул,  $\overline{v^2}$ , [  $\text{м}^2/\text{с}^2$  ]

$$\sqrt{\overline{v^2}} = v_{\text{ср.кв.}} \text{ – средняя квадратичная скорость молекул, [ м/с ]; } v_{\text{ср.кв.}} = 10^3 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$k$  – постоянная Больцмана,  
 $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$

### Основное уравнение МКТ

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}$$

$$\text{или } p = \frac{2}{3} n \overline{E_k}$$

$$\text{или } p = n k T$$

$n$  – концентрация молекул, [  $\text{м}^{-3}$  ]

$$n = \frac{N}{V}$$

$\overline{E_k}$  – средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы, [ Дж ],

$$\overline{E_k} = \frac{m \overline{v^2}}{2}$$

## ТЕМПЕРАТУРА

Тепловое равновесие – это...

### Термодинамическая температура



Условное обозначение –  $t$   
Единица измерения - градус

Для измерения температуры необходимы:

- **температурная шкала** (эмпирическая)

кипение воды

212°F

80°R

100°C

таение льда

32°F

0°R

0°C

0°F (лед+NaCl)

$p_a = 10^5$  Па

Фаренгейт  
(Голландия, 1714)

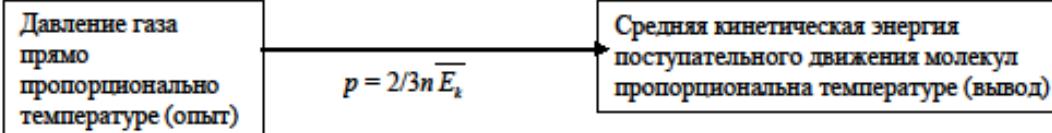
Реомюр  
(Франция, 1730)

Цельсий  
(Швеция, 1730)

- **прибор – Термометр** (устройство, принцип действия, применение)

название	жидкостный	газовый	металлический	электрический
<i>Физическое сб-во, зависящее от температуры</i>	Тепловое расширение жидкостей	Изменение давления газа	Тепловое расширение твердых тел	Изменение электрического сопротивления
<i>Термометрическое тело</i>	Жидкость (ртуть или спирт)	Газ	Два разных металла	Твердый проводник или полупроводник

### Молекулярно-кинетический смысл температуры (абсолютная температура)



$$\theta \rightarrow T$$

$$\text{Дж} \rightarrow \text{градус (Кельвин)}$$

$$\theta - \text{температура, [Дж]}$$

$$\theta = 2/3 \bar{E}_k$$

$$\theta = kT,$$

$$k - \text{постоянная Больцмана, } k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$

**Абсолютная температура** – лорд Кельвин (Англия, 1848),  $T$ , [К (кельвин)]

$$2/3 \bar{E}_k = kT$$

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

Температура – мера средней кинетической энергии поступательного движения молекул, но  $T = f(\bar{E}_k)$

$0 \text{ К} \rightarrow$  прекращается поступательное движение молекул (абсолютный ноль – недостижим)

$$p = nkT$$

- основное уравнение МКТ

$$p = nkT = N/(VkT)$$

$$V_\mu = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T = pV/(kN) \quad p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$N = N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$t = 0^\circ\text{C}$$

$$1\text{K} = 1^\circ\text{C}$$

$$t = 0^\circ\text{C} \rightarrow T = 273 \text{ K}$$

$$T = (t^\circ\text{C} + 273) \text{ K}$$

## УРАВНЕНИЕ МЕНДЕЛЕЕВА-КЛАЙПЕРОНА. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

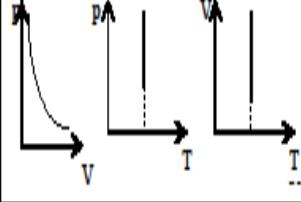
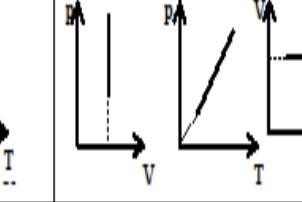
**Уравнение Менделеева-Клайперона (уравнение состояния идеального газа)**

$$h = nkT = \frac{N}{V} kT = \frac{N_a}{V} kT \Rightarrow pV = N_a kT \quad N_a k \equiv R$$

$R$  – универсальная газовая постоянная,  $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$pV = RT$ или $pV = \frac{m}{M} RT$	- уравнение Менделеева-Клайперона (уравнение состояния идеального газа)	если $v = \text{const}$ ( $m = \text{const}$ и $M = \text{const}$ ) то $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$
-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### ИЗОПРОЦЕССЫ В ГАЗАХ

Название процесса	изотермический	изобарный (изобарический)	изохорный (изохорический)
Постоянный параметр	$T(t)$	$p$	$V$
Формула	$p_1 V_1 = p_2 V_2$ или $pV = \text{const}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ или $\frac{V}{T} = \text{const}$	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ или $\frac{p}{T} = \text{const}$
Закон	Бойля-Мариотта: для данной массы газа его давление обратно пропорционально объему при постоянной температуре	Гей-Люссака: для данной массы газа его объем прямо пропорционален <i>абсолютной</i> температуре при постоянном давлении	Шарля: для данной массы газа его давление прямо пропорционально <i>абсолютной</i> температуре при постоянном объеме
Графики	изотермы	изобары	изохоры
			
Дополнения (для температуры по шкале Цельсия)		$V = V_0(1+\alpha t)$ $\alpha$ – термический коэффициент объемного расширения; $\alpha = 1/273 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$P = P_0(1+\gamma t)$ $\gamma$ – термический коэффициент давления; $\gamma = 1/273 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Как осуществить		$\varrho \rightarrow$ $F_{\text{п}} = 0$ , поршень тяжелый	$\varrho \rightarrow$ 

		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА																		
1	H ВОДОРОД	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII				
		3	Be БЕРИЛЛИЙ	4	5	B БОР	6	C УГЛЕРОД	7	N АЗОТ	8	O КИСЛОРОД	9	F ФТОР	10	Ne НЕОН				
2	Li ЛИТИЙ	6,94,	9,01218	10,81					14,0067		15,994		18,998403		(H) ГЕЛИЙ	2 4,00260	He ГЕЛИЙ			
3	Na НАТРИЙ	11 22,98977	Mg МАГНИЙ	12 24,305	13 26,98154	Al АЛЮМИНИЙ	14 28,085	Si КРЕМНИЙ	15 30,97376	P ФОСФОР	16 32,06	S СЕРА	17 35,453	Cl ХЛОР	18 39,94	Ar АРГОН				
4	K КАЛИЙ	19 39,098	Ca КАЛЬЦИЙ	20 40,08	Sc СКАНДИЙ	21 44,9559	Ti ТИТАН	22 47,90	V ВАНАДИЙ	23 50,9415	Cr ХРОМ	24 51,996	Mn МАРГАНЕЦ	25 54,9380	Fe ЖЕЛЕЗО	26 55,84	Co КОБАЛЬТ	27 56,9332	Ni НИКЕЛЬ	28 56,70
	Cu МЕДЬ	63,54	Zn ЦИНК	30 65,38	31 69,72	Ga ГАЛЛИЙ	32 72,5	Ge ГЕРМАНИЙ	33 74,9216	As МЫШЬЯК	34 78,9	Se СЕЛЕН	35 79,904	Br БРОМ	36 83,80	Kr КРИПТОН				
5	Rb РУБИДИЙ	37 85,467	Sr СТРОНЦИЙ	38 87,62	Y ИТРИЙ	39 88,9059	Zr ЦИРКОНИЙ	40 91,22	Nb НИОБИЙ	41 92,9064	Mo МОЛИБДЕН	42 95,94	Tc ТЕХНЕЦИЙ	43 98,9062	Ru РУТЕНИЙ	44 101,0	Rh РОДИЙ	45 102,9055	Pd ПАЛЛАДИЙ	46 106,4
	Ag СЕРЕБРО	47 107,8682	Cd КАДМИЙ	48 112,41	In ИНДИЙ	49 114,82	Sn ОЛОВО	50 118,6	Sb СУРЬМА	52 121,7	Te ТЕЛЛУР	53 127,6	I ИОД	54 126,9045	Xe КСЕНОН					
6	Cs ЦЕЗИЙ	55 132,9054	Ba БАРИЙ	56 137,33	La <sup>57</sup> -Lu <sup>71</sup> *	Hf ГАФНИЙ	72 178,4	Ta ТАНТАЛ	73 180,947	W ВОЛЬФРАМ	74 183,8	Re РЕНИЙ	75 186,207	Os ОСМИЙ	76 190,2	Ir ИРИДИЙ	77 192,2	Pt ПЛАТИНА	78 195,0	
	Au ЗОЛОТО	79 196,9665	Hg РТУТЬ	80 200,5	Tl ТАЛЛИЙ	81 204,3	Pb СВИНЕЦ	82 207,2	Bi ВНСМУТ	83 208,9804	Po ПОЛОНИЙ	84 [209]	At АСТАТ	85 [210]	Rn РАДОН					
7	Fr ФРАНЦИЙ	87 [223]	Ra РАДИЙ	88 226,0254	Ac <sup>89</sup> (Lr) <sup>103</sup> **	Ku КУРЧАТОВИЙ	104 [261]	Ns НИЛЬСБОРИЙ	105 [261]											



Периодический закон открыт  
Д.И.МЕНДЕЛЕЕВЫМ в 1869 году

■ - s-элементы ■ - p-элементы  
■ - d-элементы ■ - f-элементы

Атомные массы приведены по Международной таблице 1981 года.  
Точность последней значащих цифр ±1 или ±3, если она выделена мелким шрифтом.  
В квадратных скобках приведены массовые числа наиболее устойчивых изотопов.

\* лантаноиды

La <sup>57</sup> ЛАНТАН	Ce <sup>58</sup> ЦЕРИЙ	Pr <sup>59</sup> ПРАЗЕОДИЙ	Nd <sup>60</sup> НЕОДИМ	Pm <sup>61</sup> ПРОМЕТИЙ	Sm <sup>62</sup> САМАРИЙ	Eu <sup>63</sup> ЕВРОПИЙ	Gd <sup>64</sup> ГАДОЛИНИЙ	Tb <sup>65</sup> ТЕРБИЙ	Dy <sup>66</sup> ДИСПРОЗИЙ	Ho <sup>67</sup> ГОЛЬМИЙ	Er <sup>68</sup> ЭРБИЙ	Tm <sup>69</sup> ТУЛИЙ	Yb <sup>70</sup> ИТТЕРБИЙ	Lu <sup>71</sup> ЛЮТЕЦИЙ
Ac <sup>89</sup> АКТИНИЙ	Th <sup>90</sup> ТОРИЙ	Pa <sup>91</sup> ПРОТАКТИНИЙ	U <sup>92</sup> УРАН	Np <sup>93</sup> НЕПТУНИЙ	Pu <sup>94</sup> ПЛУТОНИЙ	Am <sup>95</sup> АМЕРИЦИЙ	Cm <sup>96</sup> КЮРИЙ	Bk <sup>97</sup> БЕРКЛИЙ	Cf <sup>98</sup> КАЛИФОРНИЙ	Es <sup>99</sup> ЗИНГШТЕЙНИЙ	Fm <sup>100</sup> ФЕРМИЙ	Md <sup>101</sup> МЕНДЕЛЕЕВИЙ	(No) <sup>102</sup> (НОБЕЛИЙ)	(Lr) <sup>103</sup> (ЛОУРЕНСИЙ)

\*\* актиноиды

## Приложение 2

### Инструкция по выполнению практических работ по решению задач

Уважаемый студент!

Если в процессе практической работы у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний.

Процесс решения физической задачи складывается из последовательности следующих действий:

- изучить условия и требования задачи;
- кратко записать условие и требование задачи;
- перевести значения физических величин в единицы СИ;
- выполнить при необходимости чертёж или рисунок. Указать на нём количественные характеристики объектов, процессов;
- выбрать систему отсчёта и указать её на чертеже;
- отнести задачную ситуацию к определённой физической теории;
- выявить законы (правила, принципы), которым подчиняются описанные в задаче явления (процессы, свойства) и записать их математические выражения;
- проверить разрешимость полученной системы уравнений для нахождения неизвестного и при необходимости дополнить её недостающими уравнениями;
- решить систему уравнений в общем виде относительно неизвестного;
- подставить значения величин в полученное в общем виде решение и произвести вычисления;
- выяснить правдоподобность ответа (по физическому и здравому смыслу, по соответствуанию задачной ситуации, проверкой по очевидным и частным случаям).

### Приложение 3

#### Ключи с ответами

Задание № 1 Самостоятельное выполнение контрольного задания.

№	наименование величины	обозначение	формула	единица измерения
1	Количество вещества	$v$	$v = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$	МОЛЬ
2	Масса молекулы	$m_0$	$m_0 = \frac{M}{N_A}$	КГ
3	Число молекул	$N$	$N = \frac{m}{M} N_A$	-
4	Постоянная Авогадро	$N_A$	$0,012 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} * \frac{1}{m_{0C}}$	$\text{моль}^{-1}$
5	Давление газа	$p$	$P = \frac{2}{3} nE = nkT$	Па
6	Плотность вещества	$\rho$	$\rho = m / V$	КГ/М <sup>3</sup>
7	Универсальная газовая постоянная	$R$	$R = k * N_A$	Дж/(моль*К)
8	Средняя квадратичная скорость молекулы газа	$v^-$	$v^- = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$	м/с

Задание № 2 Физический диктант «Закончи фразу».

1. Давление идеального газа пропорционально....

**Ответ: давление идеального газа пропорционально абсолютной температуре.**

$$P = n k T$$

2. Какова связь между средней кинетической энергией молекул и давлением газа?

**Ответ:  $E = 3P / 2n$**

3. Абсолютный нуль температуры это...

**Ответ: предельная температура, при которой давление идеального газа обращается в нуль при фиксированном объеме или объем идеального газа стремится к нулю при неизменном давлении.**

4. Какова связь давления со средней кинетической энергией молекул?

**Ответ: Давление идеального газа пропорционально произведению концентрации его молекул и средней кинетической энергии.**

$$P = 2n E / 3$$

5. Масса любого количества вещества равна...

**Ответ: масса вещества равна произведению массы атома и числа молекул**

$$m = m_0 N$$

Задание № 3 Практикум. Решение общей задачи соответствующей сложности.

«Удовлетворительно» - Определить массу молекулы воды ( $H_2O$ ).

Решение; Определим молярную массу одной молекулы воды

$$M(H_2O) = (16 + 2 \cdot 1) \cdot 10^{-3} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \text{ - число Авогадро.}$$

Массу одной молекулы определим по формуле

$$m_0 = M/N_A, \quad m_0 = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.} / 6,02 \cdot 10^{23} = 3 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \quad \text{Ответ: } m_0 = 3 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$$

«Хорошо» - Определите массу молекулы пищевой соды( $NaHCO_3$ ).

Решение: Определим молярную массу одной молекулы пищевой соды

$$M(NaHCO_3) = (23 + 1 + 12 + 3 \cdot 16) \cdot 10^{-3} = 84 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \text{ - число Авогадро.}$$

Массу одной молекулы определим по формуле

$$m_0 = M/N_A, \quad m_0 = 84 \cdot 10^{-3} / 6,02 \cdot 10^{23} = 13,95 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \quad \text{Ответ: } m_0 = 13,95 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$$

«Отлично» - Найти число атомов в серебряной ложке массой 54 г.

Решение: По формуле числа молекул:  $N = m \cdot N_A / M$ . (  $N$ -число атомов,  $m$ -масса=0,054кг,  $Na$ -постоянная Авогадро= $6,02 \cdot 10^{23}$ (1/моль) ,  $M$ - молярная масса серебра=0,108кг/моль) .  
 $N = 0,054 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 0,108 = 3 \cdot 10^{23}$  ( атомов)

Ответ: В ложке содержится  $3 \cdot 10^{23}$  атомов серебра.

Задание №4 Решение индивидуальной задачи.

1.Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении 200кПа и температуре 240К его объем равен 40 л?

Дано:	СИ	Решение:
$p = 200 \text{ кПа}$	$210^5 \text{ Па}$	$pV = \frac{m}{M} RT$
$T = 240 \text{ К}$		$\frac{m}{M} = v$
$V = 40 \text{ л}$	$4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$	$pV = v RT$
$v = ?$		$v = \frac{pV}{RT}$

$$v = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 4,10^{-2} \text{ м}^3}{8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 240 \text{ К}} = \frac{8 \cdot 10^3}{1,1994} = 4 \text{ моль}$$

Ответ:  $v = 4$  моль

2. Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул гелия, если при давлении  $0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$  их концентрация  $n = 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3}$

Дано:

$$M_{\text{He}} = 4$$

$$M_{\text{мол}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$P = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$n = 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3}$$

$$E - ?$$

Решение:

$$p = 2/3 n * E$$

$$E = 3p/2 n$$

$$E = 3 \cdot 0,5 \cdot 10^5 \text{ Па} / 2 \cdot 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3} =$$

$$E = 3 \cdot 0,5 \cdot 10^5 \text{ Па} / 2 \cdot 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3} =$$

$$E = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$$

Ответ:  $E = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$

3. Баллон вместимостью 40 л содержит 1,98 кг углекислого газа. Баллон выдерживает давление не выше  $30 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$ . При какой температуре возникает опасность взрыва?

Дано:  $\text{CO}_2$

$$V = 40 \text{ л}$$

$$m = 1,98 \text{ кг}$$

$$p = 30 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

$$T = ?$$

СИ

$$4 \cdot 10^{-3}$$

Решение:

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$M_{\text{CO}_2} = 12 + 16 \cdot 2 = 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$mRT = pVM$$

$$T = \frac{pVM}{mR}$$

$$T = 320 \text{ К}$$

$$t = 47^\circ \text{C}$$

Ответ:  $t = 47^\circ \text{C}$

4. Определите массу молекулы уксусной кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

Решение.

Определим молярную массу одной молекулы уксусной кислоты

$$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = (12 + 1 \cdot 3 + 12 + 16 + 16 + 1) \cdot 10^{-3} = 60 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$  – число Авогадро.

Массу одной молекулы определим по формуле

$$m_0 = M/N_A, \quad m_0 = 60 \cdot 10^{-3} / 6,02 \cdot 10^{23} = 9,97 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

Ответ:  $m_0 = 9,97 \cdot 10^{-26}$  кг.

5. Каково давление сжатого воздуха, находящегося в баллоне вместимостью 20 л при  $12^\circ\text{C}$ , если масса этого воздуха 2 кг?

Дано:	СИ	Решение:
$V = 20 \text{ л}$	$2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$	$pV = \frac{m}{M}RT$
$t = 12^\circ\text{C}$	285 К	$p = \frac{mRT}{MV} = \frac{2 \text{ кг} \cdot 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 285 \text{ К}}{0,029 \text{ кг/моль} \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ м}^3} = \frac{4736,7}{0,058 \cdot 10^{-2}} =$
$m = 2 \text{ кг}$		$= 8166,724 \text{ Па}$
$p = ?$		Ответ: $p = 8166,724 \text{ Па}$

6. Определить молярную массу газа, если при температуре  $T = 300 \text{ К}$  и давлении  $p = 0,2 \text{ МПа}$  он имеет плотность  $\rho = 2,41 \text{ кг/м}^3$ .

Дано :	Решение:
$T = 300 \text{ К}$	Для решения задачи воспользуемся уравнением Менделеева-,
$P = 2 \times 10^5 \text{ Па}$	Клапейрона записанного в виде: $P = \frac{\rho RT}{\mu}$ где $\rho$ – плотность
$\rho = 2,41 \text{ кг/м}^3$	газа; $R$ – универсальная газовая постоянная ( $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ ).
Найти: $\mu$	Выражая молярную массу $\mu$ , получим :

$$\mu = \frac{\rho RT}{P} \quad \text{Подставляя, заданные числовые значения физических}$$

величин в формулу и вычисляя, получим :

$$\mu = \frac{2,41 \times 8,31 \times 300}{2 \times 10^5} = 0,03 \text{ кг/моль}$$

**Ответ :  $\mu=0,03 \text{ кг/моль.}$**

Задание №5 Решение качественных задач.

1..Объясните распространение запаха свежеиспеченного хлеба.

**Потому что молекулы пахнущего вещества беспорядочно перемещаются, сталкиваются с молекулами воздуха, разлетаясь на большие расстояния.**

2..Вам необходимо быстро получить малосольные огурцы. В какой воде – холодной или горячей – вы будете осуществлять засолку?

**В горячей воде, так как более высокая температура ускорит процесс диффузии.**

3.Где сливки отстоятся быстрее в холодильнике или при комнатной температуре?

**В холодном, так как при низкой температуре броуновское движение капелек масла ослабевает.**

4.Соленая сельдь, после того как ее положили на некоторое время в воду, становится менее соленой. Почему?

**Часть соли вследствие диффузии переходит из сельди в воду.**

5.Когда кастрюля с кипящей водой стоит в жаркой печи, то паров воды над ней не видно.

Если же кастрюлю вынуть из печи. То над ней сразу появляется пар. Почему?

**Водяной пар – это очень мелкие капельки воды, которые прозрачны и бесцветны.**

**Если кастрюлю вынуть из печи, то пар охладится и частично конденсируется. При этом образуется более крупные капельки воды (туман), которые становятся видимыми.**

6.Объясните принцип приготовления пищи на пару.

**Вода, наливаемая на дно кастрюли, при кипении испаряется. Проникая сквозь отверстия паровой корзины, нагревает находящиеся в ней продукты.**

7.Почему овощи нужно варить в закрытой кастрюле?

**Когда кастрюля закрыта крышкой, то к овощам, варящимся в ней, поступает меньше кислорода, который способствует растворению витамина С)**

8.Для размягчения горох перед варкой размачивают в воде. Какое при этом используется явление?

**Диффузия.**

Задание №6 Эксперимент.

**Опыт 1.** В стакан налита вода, положить 3 кусочка сахара.

Вопросы:

1.Что мы наблюдаем?

*(Сахар растворяется, становясь невидимым)*

2.Подумайте, почему это происходит?

*(Молекулы двигаются, и молекулы одного вещества проходят в промежутки между молекулами другого вещества, а так как они очень маленькие, то мы их не видим)*

3.Какие выводы мы можем сделать?

*1.Молекулы двигаются бесконечно и хаотично*

*2.Молекулы веществ перемешиваются*

*3.Причина этого – движение молекул)*

**Опыт 2.** В один стакан налита холодная вода, в другой горячая. После ответов на первый вопрос положить в каждый стакан пакетик.

Вопросы:

1.Что будет происходить, если положить в каждый стакан пакетик с чаем? В каком из стаканов вода окраситься быстрее?

*( В обоих случаях будет происходить диффузия. Только в стакане с теплой водой окрашивание (чай заварится) будет происходить быстрее)*

2.Почему быстрее окрасилась горячая вода?

*( Чем выше температура, тем быстрее движутся молекулы и тем быстрее происходит диффузия.)*

3.Почему на окрашивание холодной воды требуется больше времени?

*( Чем ниже температура, тем медленнее движутся молекулы и тем медленнее происходит диффузия, следовательно тем больше времени нужно для окрашивания холодной воды )*

**Опыт 3.** В стакан насыпать горох, поверх гороха посыпать пшено. Встряхнуть стакан.

Вопросы:

1.Что мы наблюдаем?

*(Пшено просыпалось в промежутки между горохом)*

2. Почему пшено проникла между горохом?

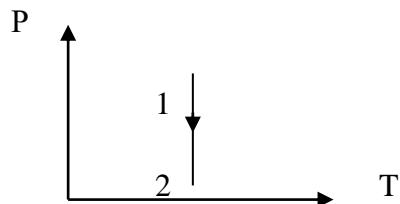
*(Крупы перемешиваются, и более мелкие крупы пшена размещаются в промежутках между более крупным горохом )*

3. Какие выводы вы можете сделать?

**(Пример диффузии)**

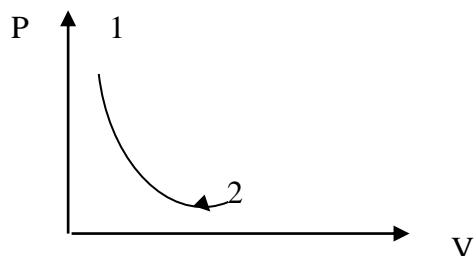
Задание 7 Решение графических задач

1. Определить какой это процесс? Начертить данный график в координатах осей  $P(V)$ ,  $V(T)$ .

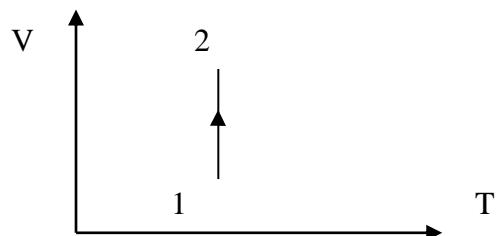


Решение: процесс изотермический,  $T = \text{const}$

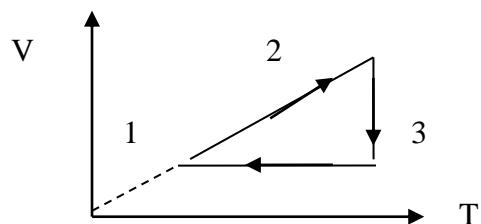
В координатах осей  $P(V)$



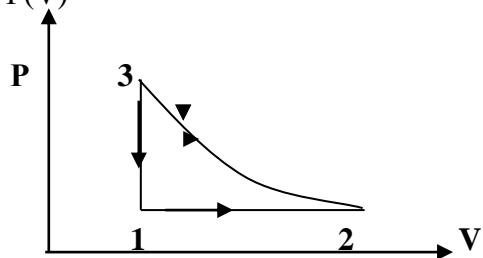
В координатах осей  $V(T)$ .



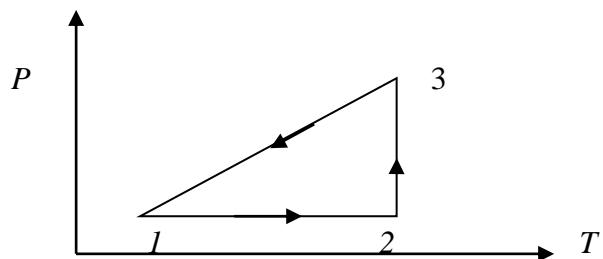
2. Постройте графики изопроцесса, происходящего с идеальным газом в координатах  $P(V)$ ;  $P(T)$



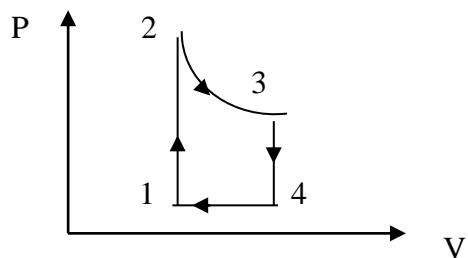
Решение: в координатах  $P(V)$



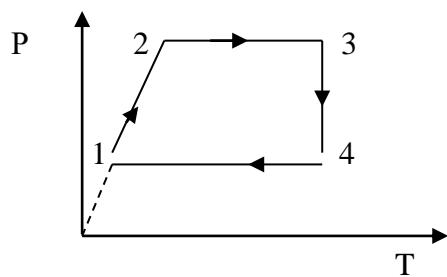
В координатах  $P(T)$



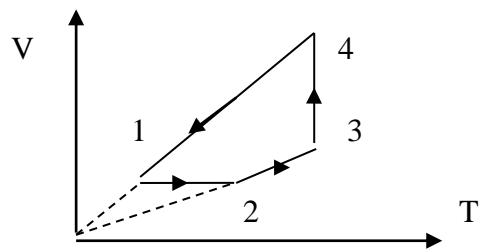
3. Постройте графики изопроцесса, происходящего с идеальным газом в координатах  $P(T)$ ;  $V(T)$



Решение; в координатах  $P(T)$ ;



В координатах  $V(T)$



## Приложение 4

### Лист самооценки.

Ф.И. студента \_\_\_\_\_

Этапы занятия	Задание №1	Задание №2	Задание №3	Задание №4	Задание №5	Задание №6	Задание №7	Итоговая оценка
Самооценка								

## Приложение 5

### Критерии оценивания практических работ по решению расчетных задач

Выполнение при решении задачи	Оценка за решение
Правильно записано условие задачи с учётом размерности величин, самостоятельно преобразованы величины в систему СИ, знание формул, применяемых для расчёта в условиях данной задачи, самостоятельное применение формулы и ее преобразование для вычисления искомой величины, проверена размерность искомой величины, проведены итоговые расчёты, используя данные задачи.	5 (отлично)
Правильно записано условие задачи с учётом размерности величин, самостоятельно преобразованы величины в систему СИ, знание формул, применяемых для расчёта в условиях данной задачи, самостоятельное применение формулы и ее преобразование, для вычисления искомой величины, проверена размерность искомой величины.	4 (хорошо)
Правильно записано условие задачи с учётом размерности величин, самостоятельно преобразованы величины в систему СИ, знание формул, применяемых для расчёта в условиях данной задачи.	3 (удовлетворительно)
не владеет основными знаниями, необходимыми для решения задачи, допускает ошибок и недочётов больше, чем нужно для сценки «3».	2 (неудовлетворительно)

## Критерии оценивания практических работ по решению качественных задач

Выполнение при решении задачи	Оценка за решение
Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок	5 (отлично)
Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование некорректно или не является достаточным, хотя содержит указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу.	4 (хорошо)
Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован	3 (удовлетворительно)
Ответ на вопрос неверен независимо от того, что рассуждения правильны или неверны, или отсутствуют	2 (неудовлетворительно)