

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 отображены 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 коллективизма, 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. *ТСО:*
  - 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 (1 мин):
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 свежее испеченного 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:

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

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

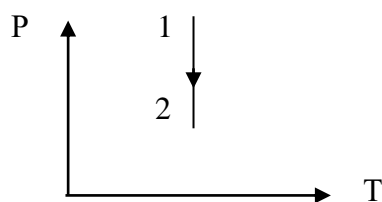
Вопросы:

1. Что мы наблюдаем?
2. Почему пшено проникла между горохом?
3. Какие выводы вы можете сделать?

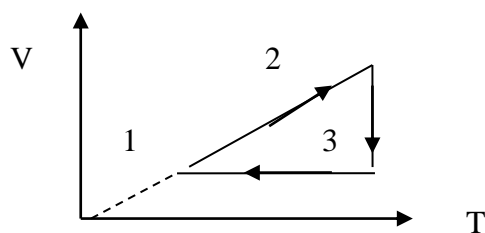
Задание 7 Изопроцессы в газах. Построить графики процесса происходящего с идеальным газом. Решение графических задач. Обучающийся выбирает задание.

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

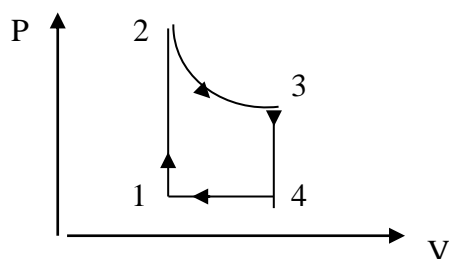
1. Определить какой это процесс? Начертить данный график в осях  $P(V)$ ,  $V(T)$ .



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.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МКТ И ИХ ОПЫТНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ**

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

**Подтверждения:****А) 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.

( $A_r$ )  $M_r$  – относительная атомная (молекулярная) масса  $M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0C}}$ ; [ - ]

■ **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:****А) прямые**

- определение скоростей молекул – опыт Штерна, 1920г.
- $\nu = 300 \div 700$  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

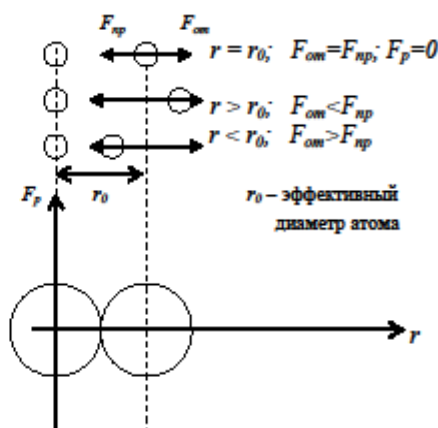
**Подтверждения:****А) косвенные**

- 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

<i>Расстояние между молекулами <math>\gg r_0</math> (молекулы – материальные точки);</i> <i><math>F_{пр} \rightarrow 0</math>;</i> <i><math>F_{от}</math> – только при ударах;</i>	<i>Молекулы – упругие шары;</i> <i>Движение молекул по законам Ньютона</i>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------

### Макроскопические (термодинамические) параметры – это...

- **Объем,  $V$ , [м<sup>3</sup>]**

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

$$V_{\text{параллелеп}} = abc; V_{\text{цилиндра}} = S_{\text{основ}} h; V_{\text{шара}} = \frac{4}{3} \pi R^3$$

- **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...,

$$p = \rho gh$$

*Приборы для измерения давления:*

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

- **Температура – см. ниже.**

$t, [^{\circ}\text{C}]; T, [\text{K}]$ .

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

### Микроскопические параметры – это...

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

- **Средний квадрат скорости молекул,  $\overline{v^2}$ , [м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>]**

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

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

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

## Основное уравнение МКТ

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

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

или 
$$p = nkT$$

$n$  – концентрация молекул, [м<sup>-3</sup>]

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

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

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

## ТЕМПЕРАТУРА

Тепловое равновесие – это...

*Термодинамическая температура*

**Температура** – характеризует состояние т. р. макроскопической системы: во всех частях системы, находящейся в т.р. температура имеет одно и то же значение

- степень нагретости тела
- указывает направление теплообмена
- характеризует состояние т.р.

Условное обозначение –  $t$   
Единица измерения – градус

Для измерения температуры необходимы:

- температурная шкала (эмпирическая)

кипение воды	212°F	80°R	100°C
таяние льда	32°F	0°R	0°C
	0°F (лед+NaCl)		

$p_a = 10^5 \text{ Па}$

Фаренгейт (Голландия, 1714)      Реомюр (Франция, 1730)      Цельсий (Швеция, 1730)

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

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

Молекулярно-кинетический смысл температуры (абсолютная температура)

Давление газа прямо пропорционально температуре (опыт)

$$p = 2/3 n \overline{E_k}$$

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул пропорциональна температуре (вывод)

$$\begin{array}{l} \Theta \rightarrow T \\ \text{Дж} \rightarrow \text{градус (Кельвин)} \end{array} \quad \begin{array}{l} \Theta - \text{температура, [Дж]} \\ \Theta = 2/3 \overline{E_k} \\ \Theta = kT, \\ k - \text{постоянная Больцмана, } k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \end{array}$$

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

$$2/3 \overline{E_k} = kT$$

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} kT$$

Температура – мера средней кинетической энергии

поступательного движения молекул, но  $T = f(\overline{E_k})$

0 K → прекращается поступательное движение молекул (абсолютный ноль – недостижим)

$$p = nkT$$

- основное уравнение МКТ

Взаимосвязь между абсолютной шкалой и шкалой Цельсия

$$1\text{К} = 1^\circ\text{C}$$

$$p = nkT = N/(V kT)$$

$$T = pV/(kN) \quad \begin{array}{l} V_\mu = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \\ p_0 = 10^5 \text{ Па} \\ N = N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \\ t = 0^\circ\text{C} \end{array} \rightarrow T = 273 \text{ К}$$

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

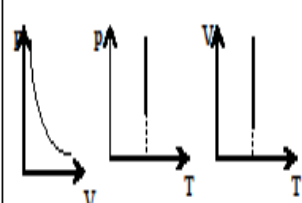
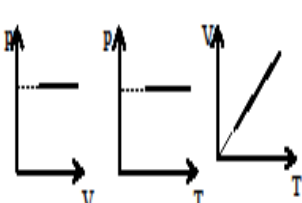
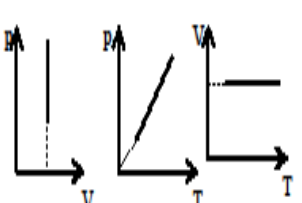
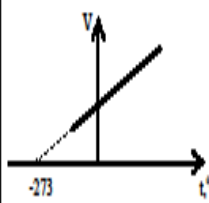


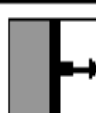

$$T = (t^\circ\text{C} + 273) \text{ К}$$

## УРАВНЕНИЕ МЕНДЕЛЕЕВА-КЛАЙПЕРОНА. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ


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

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

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

<div><math>pV = \nu RT</math> или <math>pV = \frac{m}{M} RT</math></div>	- уравнение Менделеева-Клайперона (уравнение состояния идеального газа)			если $\nu = \text{const}$ ( $m = \text{const}$ и $M = \text{const}$ ) то <div><math>\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}</math></div>
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 абсолютной температуре при постоянном давлении	Шарля: для данной массы газа его давление прямо пропорционально абсолютной температуре при постоянном объеме	
Графики	изотермы	изобары	изохоры	
				
Дополнения (для температуры по шкале Цельсия)		$V = V_0(1 + \alpha t)$ $\alpha$ – температурный коэффициент объемного расширения, $\alpha = 1/273 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 	$p = p_0(1 + \gamma t)$ $\gamma$ – температурный коэффициент давления, $\gamma = 1/273 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 	
	Как осуществить	 модельно	$Q \rightarrow$  $F_p = 0$ , поршень тяжелый	$Q \rightarrow$  сосуд закрыт герметично



I		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА										VII		VIII		 Периодический закон открыт Д.И.МЕНДЕЛЕЕВЫМ в 1869 году
1	H ВОДОРОД 1,00794	II		III		IV		V		VI		(H)	2 He 4,00260 ГЕЛИЙ			
2	Li ЛИТИЙ 6,94	Be БЕРИЛЛИЙ 9,01218	5 B БОР 10,81	6 C УГЛЕРОД 12,011	7 N АЗОТ 14,0067	8 O КИСЛОРОД 15,9994	9 F ФТОР 18,998403	10 Ne НЕОН 20,17								
3	Na НАТРИЙ 22,98977	Mg МАГНИЙ 24,305	12 Al АЛЮМИНИЙ 26,98154	13 Si КРЕМНИЙ 28,0855	14 P ФОСФОР 30,97376	15 S СЕРА 32,06	16 Cl ХЛОР 35,453	17 Ar АРГОН 39,94								
4	K КАЛИЙ 39,098	Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	20 Sc СКАНДИЙ 44,9559	21 Ti ТИТАН 47,88	22 V ВАНАДИЙ 50,9415	23 Cr ХРОМ 51,996	24 Mn МАРГАНЕЦ 54,9380	25 Fe ЖЕЛЕЗО 55,84	26 Co КОБАЛЬТ 58,9332	27 Ni НИКЕЛЬ 58,70						
	29 Cu МЕДЬ 63,54	30 Zn ЦИНК 65,38	31 Ga ГАЛЛИЙ 69,72	32 Ge ГЕРМАНИЙ 72,5	33 As МЫШЬЯК 74,9216	34 Se СЕЛЕН 78,9	35 Br БРОМ 79,904	36 Kr КРИПТОН 83,80								
5	Rb РУБИДИЙ 85,467	Sr СТРОНЦИЙ 87,62	38 Y ИТТРИЙ 88,9059	40 Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	41 Nb НИОБИЙ 92,9064	42 Mo МОЛИБДЕН 95,94	43 Tc ТЕХНЕЦИЙ 98,9062	44 Ru РУТЕНИЙ 101,0	45 Rh РОДИЙ 102,9055	46 Pd ПАЛЛАДИЙ 106,4						
	47 Ag СЕРЕБРО 107,8682	48 Cd КАДМИЙ 112,41	49 In ИНДИЙ 114,82	50 Sn ОЛОВО 118,6	51 Sb СУРЬМА 121,7	52 Te ТЕЛЛУР 127,6	53 I ИОД 126,9045	54 Xe КСЕНОН 131,30								
6	Cs ЦЕЗИЙ 132,9054	Ba БАРИЙ 137,33	56 La <sup>57</sup> -Lu <sup>71</sup> *	72 Hf ГАФНИЙ 178,4	73 Ta ТАНТАЛ 180,947	74 W ВОЛЬФРАМ 183,8	75 Re РЕНИЙ 186,207	76 Os ОСМИЙ 190,2	77 Ir ИРИДИЙ 192,2	78 Pt ПЛАТИНА 195,0						
	79 Au ЗОЛОТО 196,9665	80 Hg РУТУТЬ 200,5	81 Tl ТАЛЛИЙ 204,3	82 Pb СВИНЕЦ 207,2	83 Bi ВИСМУТ 208,9804	84 Po ПОЛОНИЙ [209]	85 At АСТАТ [210]	86 Rn РАДОН [222]	Обозначение элемента Атомный номер							
7	Fr ФРАНЦИЙ [223]	Ra РАДИЙ 226,0254	88 Ac <sup>89</sup> -(Lr) <sup>103</sup> **	104 Ku КУРЧАТОВИЙ [261]	105 Ns НИЛЬСБОРИЙ [261]	<div><div><div><div></div><div>s-элементы</div></div><div><div></div><div>p-элементы</div></div><div><div></div><div>d-элементы</div></div><div><div></div><div>f-элементы</div></div></div><div>Атомные массы приведены по Международной таблице 1981 года. Точность последней значащей цифры: ±1 или ±3, если она выделена мелким шрифтом. В квадратных скобках приведены массовые числа наиболее устойчивых изотопов.</div></div>										
* лантаноиды																
57 La ЛАНТАН 138,905	58 Ce ЦЕРИЙ 140,12	59 Pr ПРАЗЕОДИМ 140,9077	60 Nd НЕОДИМ 144,24	61 Pm ПРОМЕТИЙ [145]	62 Sm САМАРИЙ [150,4]	63 Eu ЕВРОПИЙ 151,96	64 Gd ГАДОЛИНИЙ 157,25	65 Tb ТЕРБИЙ 158,9254	66 Dy ДИСПРОЗИЙ 162,5	67 Ho ГОЛЬМИЙ 164,9304	68 Er ЭРБИЙ 167,26	69 Tm ТУЛИЙ 168,9342	70 Yb ИТТЕРБИЙ 173,05	71 Lu ЛЮТЕЦИЙ 174,967		
** актиноиды																
89 Ac АКТИНИЙ [227]	90 Th ТОРИЙ 232,0381	91 Pa ПРОТАКТИНИЙ 231,0359	92 U УРАН 238,02	93 Np НЕПУНИЙ 237,0482	94 Pu ПЛУТОНИЙ [244]	95 Am АМЕРИЦИЙ [243]	96 Cm КЮРИЙ [247]	97 Bk БЕРКЛИЙ [247]	98 Cf КАЛИФОРНИЙ [251]	99 Es ЭЙНШТЕЙНИЙ [254]	100 Fm ФЕРМИЙ [257]	101 Md МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	102 (No) (НОБЕЛИЙ) [259]	103 (Lr) (ЛОУРЕНСИЙ) [261]		



Периодический закон открыт  
Д.И.МЕНДЕЛЕЕВЫМ в 1869 году

**Li**  
ЛИТИЙ  
6,94

Атомная  
масса



## 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 удастся, 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 соответствию 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	$\nu$	$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$	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	$p$	$p = \frac{2}{3} n E = nkT$	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,  $N_A$ -постоянная Авогадро= $6,02 \cdot 10^{23}$ (1/моль) ,  $M$ - молярная масса серебра=0,108кг/моль) .

$$N = 0,054 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 0,108 = 3 \cdot 10^{23} \text{ ( атомов)}$$

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

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

Ответ:  $\nu = 4$  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:	Решение:
$M_{\text{He}} = 4$	$p = \frac{2}{3} n \cdot E$
$M_{\text{мол}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	$E = \frac{3p}{2n}$
$P = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$E = \frac{3 \cdot 0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}}{2 \cdot 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3}} =$
$n = 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3}$	$E = \frac{3 \cdot 0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}}{2 \cdot 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3}} =$
<hr/> E - ?	$E = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$

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: $\text{CO}_2$	СИ	Решение:
$V = 40 \text{ л}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$pV = \frac{m}{M}RT$
$m = 1,98 \text{ кг}$		$M_{\text{CO}_2} = 12 + 16 \cdot 2 = 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
$p = 30 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$		$mRT = pVM$
<hr/> T = ?		$T = \frac{pVM}{mR}$

$$T = 320 \text{ К}$$

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

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

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

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$  – 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:  $m_0 = 9,97 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ .

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

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

Дано :	Решение:
$T= 300 \text{ K}$	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 ( $R = 8.31$
Найти: $\mu$	$\text{Дж/(моль} \cdot \text{K)}$ ). Выразая молярную массу $\mu$ , получим :
	$\mu = \frac{\rho RT}{P}$ 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 свежее испеченного 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 окрасится 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?

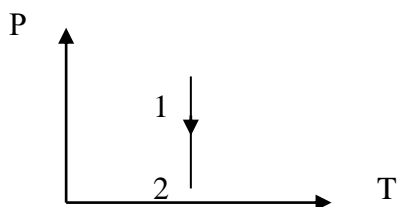
*(Крупы перемешиваются, и более мелкие крупы пшена размещаются в промежутках между более крупным горохом )*

3. Какие выводы вы можете сделать?

(Пример диффузии)

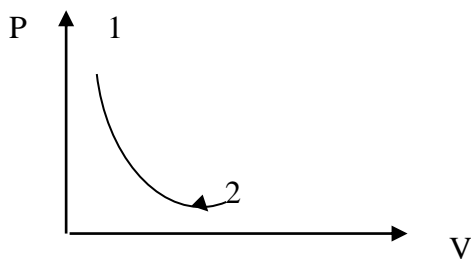
Задание 7 Решение графических задач

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

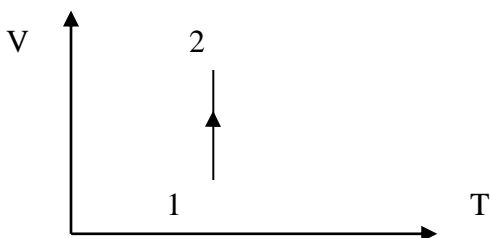


Решение: процесс изотермический,  $T = \text{const}$

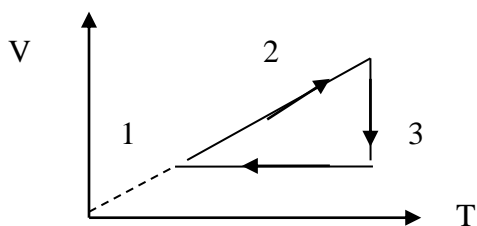
В координатах осей  $P(V)$



В координатах осей  $V(T)$ .

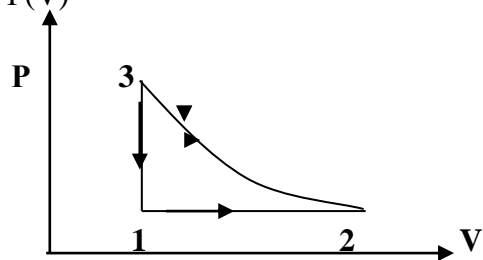


2. Постройте графики изопроцесса, происходящего с идеальным газом в координатах  $P(V)$ ;  $P(T)$

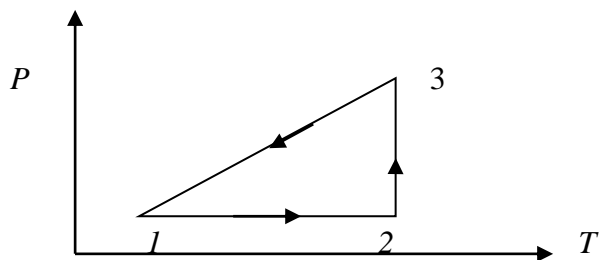




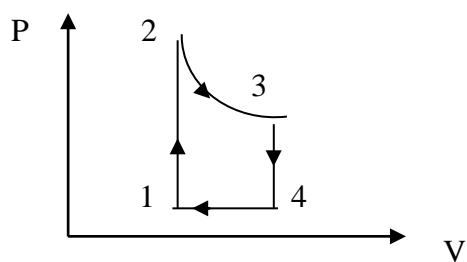
Решение: в координатах  $P(V)$



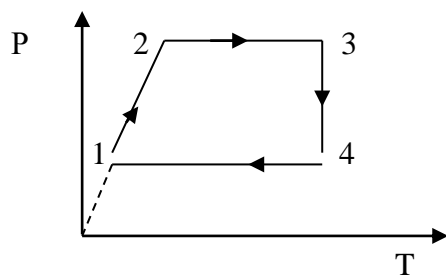
В координатах  $P(T)$



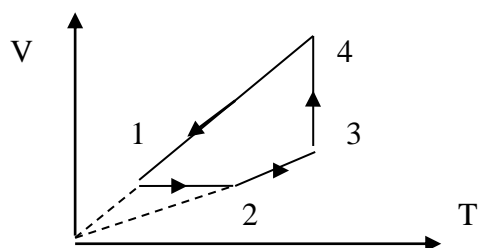
3. Постройте графики изопроцесса, происходящего с идеальным газом в координатах  $P(T)$ ;  $V(T)$



Решение; в координатах  $P(T)$ ;



В координатах  $V(T)$



## Приложение 4

### Лист самооценки.

Ф.И. студента \_\_\_\_\_

Этапы занятия	Зада-ние №1	Зада-ние №2	Зада-ние №3	Зада-ние №4	Зада-ние №5	Зада-ние №6	Зада-ние №7	Итого-вая оценка
Само оценка								

## 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)