

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

(наименование института полностью)

Кафедра

(наименование кафедры/департамента/центра полностью)
(код и наименование направления подготовки, специальности)
(направленность (профиль) / специализация)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №2

по учебному курсу «Физика 1»
(наименование учебного курса)

Вариант 9

Студент

А.А. Кириллов

(И.О. Фамилия)

Группа

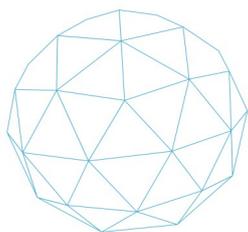
ЭЭТбп-20016

Преподаватель

Н.В. Чиркунова

(И.О. Фамилия)

Тольятти 2022



Росдистант
ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННО

Задача 1

Один моль идеального газа переходит из начального состояния 1 в конечное состояние 3 в результате изохорного 1-2 и изобарного 2-3 процессов. Значения давления и объёма газа в состояниях 1 и 3 равны соответственно $p_1 = 10^5 \text{ Па}$,

$V_1 = 30 \text{ л}$ и $p_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $V_3 = 20 \text{ л}$. Найти давление, объём и температуру газа p_2 , V_2 , T_2 в промежуточном состоянии 2. Изобразить процессы в координатах $P - V$, $P - T$ и $V - T$.

<p>Дано: $\nu = 1 \text{ моль};$ $p_1 = 10^5 \text{ Па};$ $V_1 = 30 \text{ л} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ $p_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па};$ $V_3 = 20 \text{ л} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$</p> <p>Найти: $p_2 - ?$ $V_2 - ?$ $T_2 - ?$</p> <p>Изобразить: $P - V$ $P - T$ $V - T$</p>	<p>Решение:</p> <p>Поскольку процесс 1-2 изохорный, то $V_1 = V_2 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ Поскольку процесс 2-3 изобарный, то $p_2 = p_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$.</p> <p>Запишем уравнение Менделеева для второго состояния газа:</p> $p_2 V_2 = \nu R T_2;$ $T_2 = \frac{p_2 V_2}{\nu R}.$ <p>Где $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ - универсальная газовая постоянная.</p> <p>Подставим численные значения и произведём вычисления:</p> $T_2 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 8,31} = 722 \text{ К}$ <p>Для состояния 1 запишем уравнение Менделеева – Клапейрона:</p> $p_1 V_1 = \nu R T_1;$ $T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R}.$ <p>Подставим численные значения и произведём вычисления:</p> $T_1 = \frac{10^5 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 8,31} = 361 \text{ К}$ <p>Для состояния 3 запишем уравнение Менделеева – Клапейрона:</p>
--	--

$$p_3 V_3 = \nu R T_3;$$

$$T_3 = \frac{p_3 V_3}{\nu R}.$$

Подставим численные значения и произведём вычисления:

$$T_3 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 8,31} = 481 \text{ К}$$

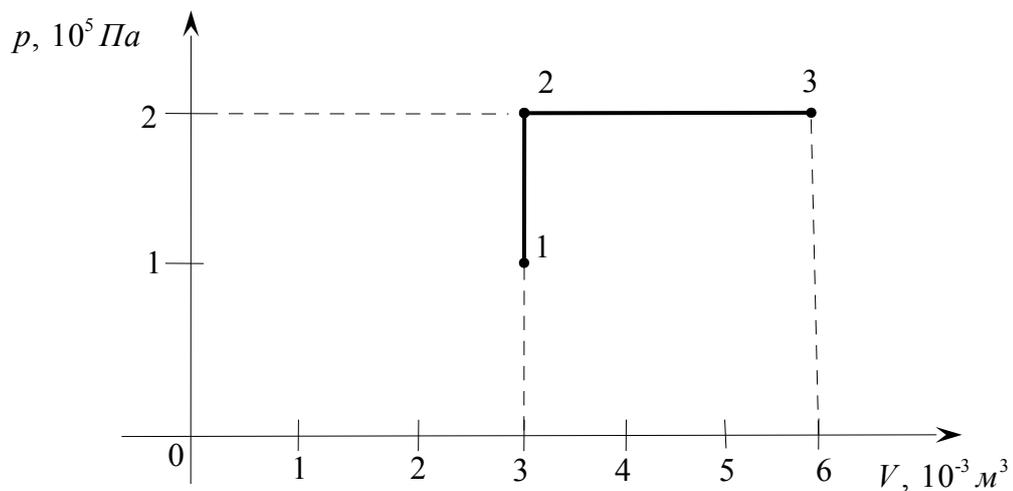
Для построения графиков процессов запишем параметры газа в каждой точке.

В 1-й точке - $T_1 = 361 \text{ К}$, $p_1 = 10^5 \text{ Па}$, $V_1 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

Во 2-й точке - $T_2 = 722 \text{ К}$, $p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $V_2 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

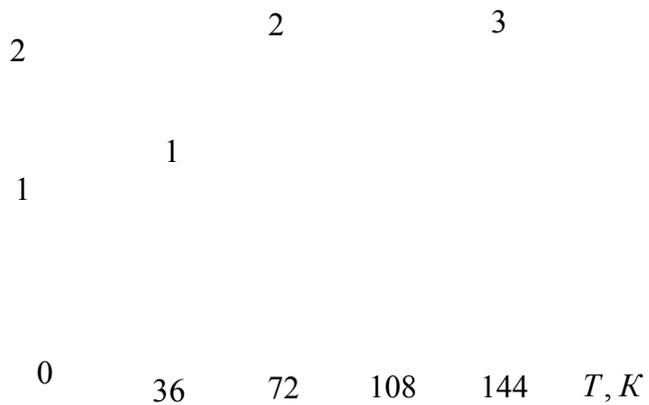
В 3-й точке - $T_3 = 481 \text{ К}$, $p_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $V_3 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

Изобразим процесс в координатах $P - V$.



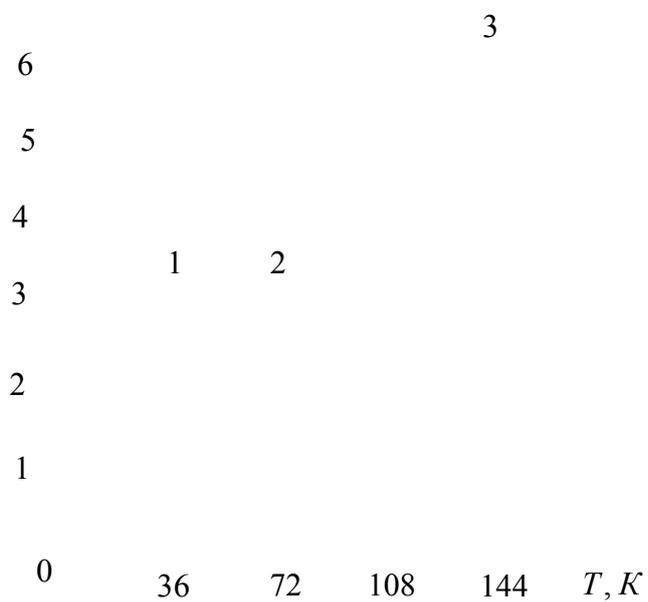
Изобразим процесс в координатах $P - T$.

$p, 10^5 \text{ Па}$



Изобразим процесс в координатах $V - T$.

$V, 10^{-3} \text{ м}^3$



Ответ: $T_2 = 722 \text{ К}$, $p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $V_2 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

Задача 2.

Идеальный газ - N_2 совершает замкнутый цикл, состоящий из трех процессов: изобарного 1 - 2, адиабатного 2 - 3 и изотермического 3 - 1, идущий по часовой стрелке. Значения давления и объёма газа в состояниях 1, 2 и 3 равны соответственно $p_1=10^5 \text{ Па}$, $V_1=3 \text{ л}$, и $V_2=6 \text{ л}$. Найти термический к.п.д. цикла.

<p>Дано: N_2; $p_1=10^5 \text{ Па}$; $V_1=3 \text{ л}=3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; $V_2=6 \text{ л}=6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.</p> <p>Найти: η - ?</p>	<p>Решение:</p> <p>КПД цикла вычисляется по формуле:</p> $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}.$ <p>Где Q_1 - количество теплоты, переданное газу за цикл от нагревателя; Q_2 - количество теплоты, отданое газом за цикл холодильнику.</p> <p>Работа газа при изобарном процессе вычисляется по формуле:</p> $A_{1-2} = P_1(V_2 - V_1).$ <p>Подставим численные значения и произведём вычисления:</p> $A_{1-2} = 10^5 \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}) = 300 \text{ Дж}.$ <p>Изменение внутренней энергии в процессе 1 - 2 вычисляется по формуле:</p> $\Delta U_{1-2} = \frac{i}{2} \nu R(T_2 - T_1).$ <p>Применим уравнение Менделеева - Клапейрона для первого и второго состояний газа:</p> $p_1 V_1 = \nu R T_1;$ $p_1 V_2 = \nu R T_2.$ <p>Где $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ - универсальная газовая постоянная, $i = 5$ - степень свободы молекул двухатомного газа.</p> <p>Находим разность второго и первого уравнений:</p> $p_1 V_2 - p_1 V_1 = \nu R T_2 - \nu R T_1;$ $\nu R(T_2 - T_1) = p_1(V_2 - V_1).$ <p>После подстановки в формулу изменения внутренней энергии, получаем:</p>
---	---

$$\Delta U_{1-2} = \frac{i}{2} p_1 (V_2 - V_1);$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{i}{2} A_{1-2}.$$

Вычисляем количество теплоты Q_{1-2} , полученное газом в процессе 1-2, применяя первый закон термодинамики:

$$\Delta U_{1-2} = Q_{1-2} - A_{1-2};$$

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2};$$

$$Q_{1-2} = \frac{i}{2} A_{1-2} + A_{1-2};$$

$$Q_{1-2} = \frac{i+2}{2} A_{1-2}.$$

Подставим численные значения и произведём вычисления:

$$Q_{1-2} = \frac{5+2}{2} \cdot 300 = 1050 \text{ Дж}.$$

В адиабатном процессе $Q_{2-3} = 0$:

Учитывая, что для изотермического процесса 3 – 1 $\Delta U_{3-1} = 0$, по первому закону термодинамики, получаем:

$$\Delta U_{3-1} = Q_{3-1} - A_{3-1};$$

$$Q_{3-1} = A_{3-1}.$$

Работа газа при изотермическом процессе вычисляется по формуле:

$$A_{3-1} = \nu RT_1 \ln \frac{V_1}{V_3}.$$

Согласно уравнению Менделеева – Клапейрона для первого состояния газа, получаем:

$$\nu RT_1 = p_1 V_1.$$

После подстановки, получаем:

$$Q_{3-1} = p_1 V_1 \cdot \ln \frac{V_1}{V_3}.$$

Найдём объём азота V_3 для третьего состояния.

Для изобарного процесса 1 – 2 $p_1 = p_2$.

Для изотермического процесса 3 – 1, имеем:

$$p_1 V_1 = p_3 V_3;$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{V_3}{V_1}.$$

Для адиабатного процесса 2 – 3, получаем:

$$p_2 V_2^\gamma = p_3 V_3^\gamma;$$

$$p_1 = p_3 \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^\gamma;$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^\gamma;$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^\gamma$$

$$V_3^{\gamma-1} = \frac{V_2^\gamma}{V_1};$$

$$V_3 = \left(\frac{V_2^\gamma}{V_1} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}}.$$

Где $\gamma = \frac{i+2}{i}$ - показатель адиабаты.

Следовательно:

$$\gamma = \frac{5+2}{5} = 1,4.$$

Подставим численные значения и произведём вычисления объём азота V_3 для третьего состояния:

$$V_3 = \left(\frac{(6 \cdot 10^{-3})^{1,4}}{3 \cdot 10^{-3}} \right)^{\frac{1}{1,4-1}} = 34 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Подставим численные значения и произведём вычисления Q_{3-1} :

$$Q_{3-1} = 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{3 \cdot 10^{-3}}{34 \cdot 10^{-3}} = -728,3 \text{ Дж}.$$

Количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя:

$$Q_1 = 1050 \text{ Дж}.$$

Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику:

$$Q_2 = 728,3 \text{ Дж}$$

Теперь вычисляем КПД цикла:

$$\eta = 1 - \frac{728,3}{1050} = 0,306.$$

Ответ: $\eta = 0,306$.

Задача 3.

Идеальный газ находится в однородном поле тяжести Земли. Молярная масса газа $M = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$. Абсолютная температура газа меняется с высотой h по закону $T(h) = T_0(1 + ah)$; $T_0 = 300 \text{ К}$; $a = 10^{-5} \text{ м}^{-1}$. Найти давление газа p на высоте $h = 100 \text{ м}$. На высоте $h = 0 \text{ м}$ давление газа $p_0 = 10^5 \text{ Па}$.

<p>Дано:</p> $M = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}};$ $T(h) = T_0(1 + ah);$ $T_0 = 300 \text{ К}$ $a = 10^{-5} \text{ м}^{-1};$ $h = 100 \text{ м}$ $h = 0 \text{ м};$ $p_0 = 10^5 \text{ Па}.$	<p>Решение:</p> <p>Применим барометрическую формулу:</p> $p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}.$ <p>Где $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ - ускорение свободного падения,</p> $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ - универсальная газовая постоянная. <p>Учитывая условие задачи, получаем:</p> $p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{R \cdot T_0(1+ah)}}.$ <p>Подставим численные значения и вычислим:</p> $p = 10^5 * e^{-\frac{29 * 10^{-3} * 9,81 * 100}{8,31 * 250(1 + 10^{-5} * 100)}} = 114568 \text{ Па}$ <p>Ответ: $p = 114568 \text{ Па}$</p>
<p>Найти:</p> $p - ?$	