

# МКТ

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ  
ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

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

$$p = nkT$$

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

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

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

$R = N_A k = 8,31$  Дж/(моль·°К) – универсальная  
газовая постоянная

$$p = \frac{\rho}{M} RT$$

$T$  – в Кельвинах!  $T = t + 273$

# МКТ

---

## ИЗОПРОЦЕССЫ

$p = const$ ; изобара

$$\frac{V}{T} = const; \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$V = const$ ; изохора

$$\frac{p}{T} = const; \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$T = const$ ; изотерма

$$pV = const; \quad p_1V_1 = p_2V_2$$

# ЗАДАЧИ

---

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МКТ

УРАВНЕНИЕ М-К

ИЗОПРОЦЕССЫ

При понижении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 3 раза. Начальная температура газа 600 К. Какова конечная температура газа?

В сосуде неизменного объёма находится разреженный газ в количестве 3 моль. Во сколько раз изменится давление газа в сосуде, если выпустить из него 1 моль газа, а абсолютную температуру газа уменьшить в 2 раза?

При температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$  3 моль идеального газа занимают объём 20 л. Какой объём будут занимать 2 моль газа при температуре  $3T_0$  и давлении  $4p_0$ ?

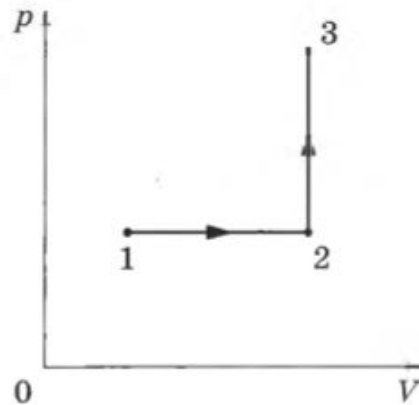
# ЗАДАЧИ

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МКТ

УРАВНЕНИЕ М-К

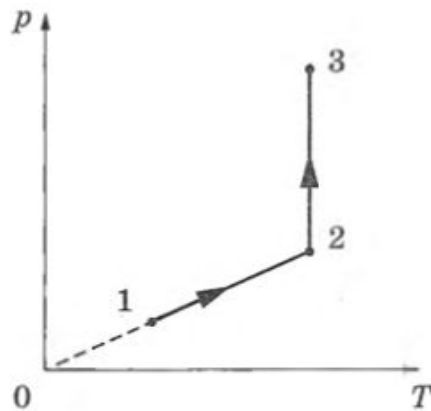
ИЗОПРОЦЕССЫ

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа. Как изменяются плотность газа в ходе процесса 1–2 и абсолютная температура газа  $T$  в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура газа. Как изменяются плотность газа в ходе процесса 1–2 и объём газа  $V$  в ходе процесса 2–3?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

# ЗАДАЧИ

---

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МКТ

УРАВНЕНИЕ М-К

ИЗОПРОЦЕССЫ

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 2 моль гелия, в правой — 40 г аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной.

Выберите *два* верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Внутренняя энергия гелия в сосуде больше, чем внутренняя энергия аргона.
- 2) Концентрация гелия и аргона в правой части сосуда одинакова.
- 3) В правой части сосуда общее число молекул газов в 2 раза меньше, чем в левой.
- 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в конечном состоянии больше, чем в начальном.
- 5) Давление в обеих частях сосуда одинаково.

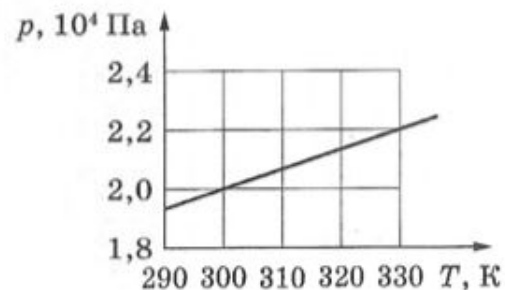
# РАССЧЁТНЫ Е ЗАДАЧИ

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МКТ

УРАВНЕНИЕ М-К

ИЗОПРОЦЕССЫ

На рисунке показан график зависимости давления 3 моль газа в запаянном сосуде от его температуры. Каков приблизительно объём сосуда? Ответ округлите до сотых.



При уменьшении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул неона уменьшилась в 4 раза. Какова начальная температура газа?

Идеальный газ изохорно нагревают так, что его температура изменяется на  $T = 240 \text{ К}$ , а давление — в 1,8 раза. Масса газа постоянна. Найдите конечную температуру газа.

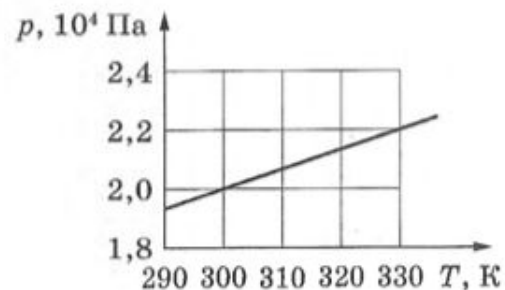
# КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МКТ

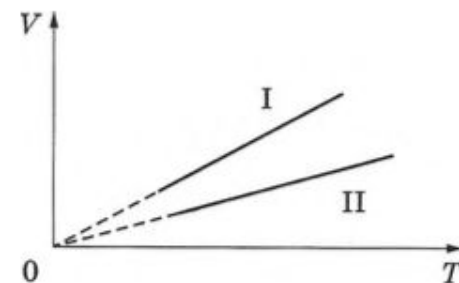
УРАВНЕНИЕ М-К

ИЗОПРОЦЕССЫ

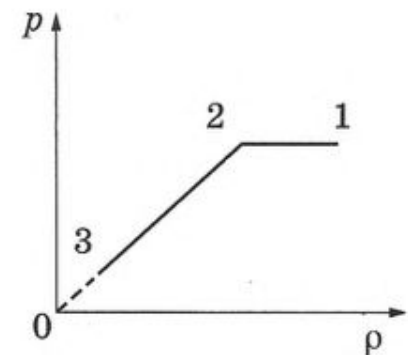
На рисунке показан график зависимости давления 3 моль газа в запаянном сосуде от его температуры. Каков приблизительно объём сосуда? Ответ округлите до сотых.



Две порции одного и того же идеального газа сжимают в сосудах под поршнями. При этом в процессе сжатия в обоих сосудах поддерживается одинаковое давление газа. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изобара I лежит выше изобары II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



# ЗАДАЧИ С РАЗВЁРНУТЫМ РЕШЕНИЕМ

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МКТ

УРАВНЕНИЕ М-К

ИЗОПРОЦЕССЫ

В камере, заполненной азотом, при температуре  $T_0 = 300$  К находится открытый цилиндрический сосуд (рис. 1). Высота сосуда  $L = 50$  см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры  $T_1$ . В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится равным  $h = 40$  см (рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры  $T_0$ . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится равным  $H = 46$  см (рис. 3). Чему равна температура  $T_1$ ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.



Рис. 1

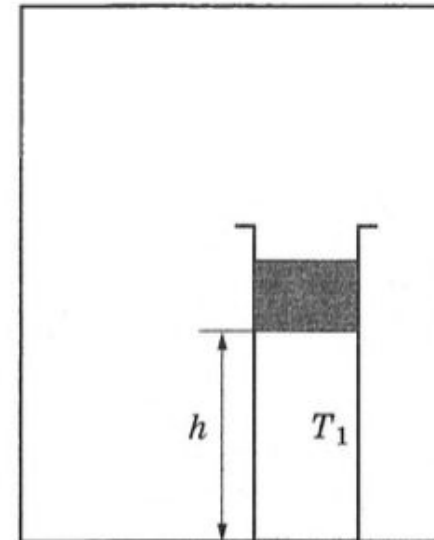


Рис. 2

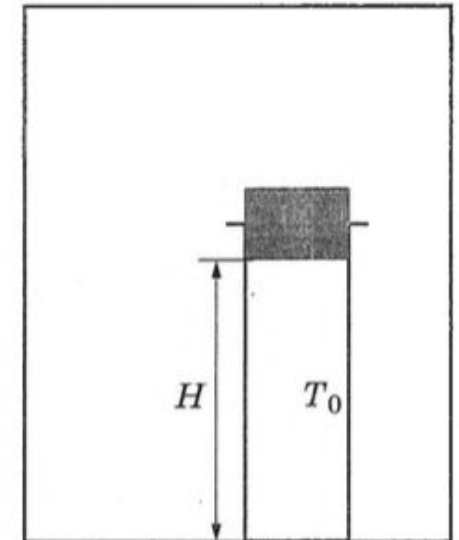


Рис. 3



# ЗАДАЧИ С РАЗВЁРНУТЫМ РЕШЕНИЕМ

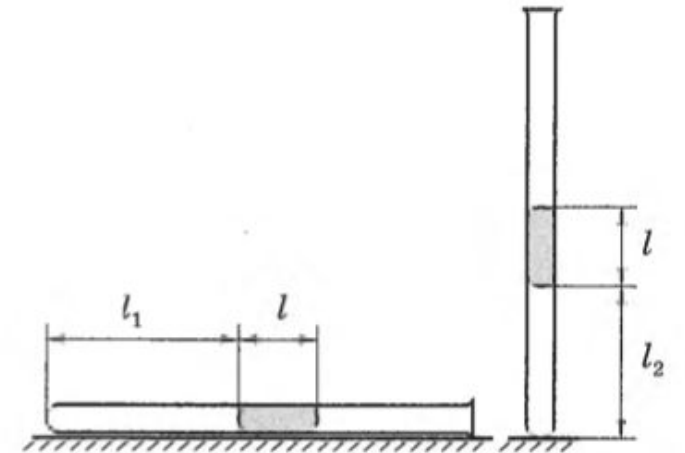
ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МКТ

УРАВНЕНИЕ М-К

ИЗОПРОЦЕССЫ

Газонепроницаемая оболочка воздушного шара имеет массу 400 кг. Шар заполнен гелием. Он может удерживать груз массой 225 кг в воздухе на высоте, где температура воздуха  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а давление  $10^5\text{ Па}$ . Какова масса гелия в оболочке шара? Оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объёма шара, объём груза пренебрежимо мал по сравнению с объёмом шара.

В запаянной с одного конца длинной горизонтальной стеклянной трубке постоянного сечения (см. рисунок) находится столбик воздуха длиной  $l_1 = 30\text{ см}$ , запёртый столбиком ртути. Если трубку поставить вертикально отверстием вверх, то длина воздушного столбика под ртутью будет равна  $l_2 = 25\text{ см}$ . Какова длина ртутного столбика? Атмосферное давление  $750\text{ мм рт. ст.}$  Температуру воздуха в трубке считать постоянной.

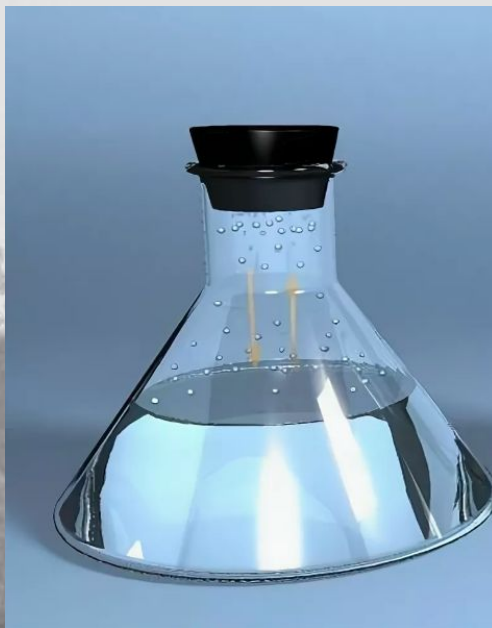


# Влажность

---

НАСЫЩЕННЫЙ ПАР

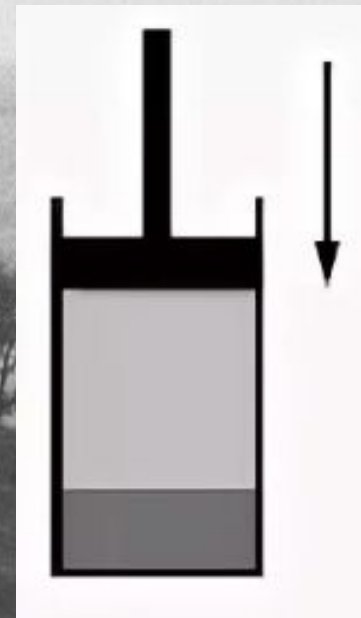
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ



Пар, находящийся в термодинамическом равновесии со своей жидкостью, называется насыщенным.

Давление насыщенного пара зависит от температуры (табличные данные) и не зависит от объёма

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{н.п.}}} \cdot 100\%$$



# Влажность

---

НАСЫЩЕННЫЙ ПАР

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ

В воздухе комнаты парциальное давление водяного пара равно 765 Па. Определите относительную влажность воздуха, если давление насыщенного водяного пара при данной температуре составляет 3060 Па.

Относительная влажность воздуха при температуре 100 °С равна 60%. Определите парциальное давление водяных паров, содержащихся в воздухе.

Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 30%. Какой станет относительная влажность воздуха в сосуде, если его объём при неизменной температуре уменьшить в 2 раза?

Парциальное давление водяного пара в сосуде в 1,6 раза меньше давления насыщенного водяного пара при той же температуре. Определите относительную влажность воздуха в сосуде.

В закрытом сосуде при температуре 373 К под поршнем находится водяной пар под давлением 30 кПа. Каким станет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, объём пара уменьшить в 3 раза?

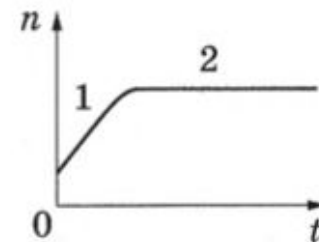
# Влажность

НАСЫЩЕННЫЙ ПАР

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ

ВЛАЖНОСТЬ

В стеклянную колбу налили немного воды и герметично закрыли колбу пробкой. Вода постепенно испарялась. На рисунке показан график изменения со временем  $t$  концентрации  $n$  молекул водяного пара внутри колбы. Температура в колбе в течение всего времени проведения опыта оставалась постоянной. В конце опыта в колбе ещё оставалась вода.



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения относительно описанного процесса.

- 1) На участке 1 плотность водяных паров увеличивалась.
- 2) На обоих участках водяной пар ненасыщенный.
- 3) На участке 2 давление водяных паров не менялось.
- 4) На участке 2 плотность водяных паров уменьшалась.
- 5) На участке 1 давление водяных паров уменьшалось.

В закрытом сосуде постоянного объёма при комнатной температуре находится воздух, содержащий ненасыщенный водяной пар. Температуру воздуха увеличили на 20 К. Как изменились при этом концентрация молекул воды и относительная влажность воздуха в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

# Задачи

---

С РАЗВЁРНУТЫМ РЕШЕНИЕМ

Давление влажного воздуха в сосуде под поршнем при температуре  $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$  равно  $p_1 = 1,8 \cdot 10^5\text{ Па}$ . Объём под поршнем изотермически уменьшили в  $k = 4$  раза. При этом давление в сосуде увеличилось в  $n = 3$  раза. Найдите относительную влажность  $\varphi$  воздуха в первоначальном состоянии. Утечкой вещества из сосуда пренебречь.

В комнате размерами  $4 \times 5 \times 3\text{ м}^3$ , в которой воздух имеет температуру  $20\text{ }^\circ\text{C}$  и относительную влажность  $30\%$ , включили увлажнитель воздуха производительностью  $0,2\text{ л/ч}$ . Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате повысилась до  $65\%$ ? Давление насыщенного водяного пара при температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$  равно  $2,33\text{ кПа}$ . Комнату считать герметичным сосудом.