

Механические колебания и волны

Говорят, что некая физическая величина x совершает колебания, если зависимость $x(t)$, где t — время, есть периодическая или приближенно периодическая функция. Назовем периодом колебания такое время T , что для всех T имеет место равенство

$$x(t) = x(t + T);$$

очевидно, что таких T бесконечно много, поэтому мы будем выбирать из всех T минимальное положительное число.

Частотой ν называется величина, обратная периоду:

$$\nu = 1/T.$$

Циклической частотой ω называется частота ν , умноженная на 2π :

$$\omega = 2\pi\nu.$$

Колебание называется гармоническим, если $x(t)$ является гармонической функцией

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi),$$

где A называется амплитудой, а φ начальной фазой колебания.

Гармонические колебания совершает груз массой m на пружине жесткости k . Можно доказать, что в этом случае

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Также гармонические колебания совершает грузик на нити длины l , если угол отклонения нити от вертикали невелик. Можно доказать, что в этом случае

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad \nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

где g — ускорение свободного падения.

Выше приведены формулы для расчета частот, на которых в отсутствие затухания будет колебаться маятник, когда на него не действуют внешние силы. Такие колебания называются свободными, а эти частоты собственными. Если на колебательную систему, например шарик на пружинке, действует периодическая сила с частотой ν_B (эта сила называется вынуждающей), то такие колебания называются вынужденными. При вынужденных колебаниях маятник колеблется с частотой ν_B . Если ν_B будет равна частоте свободных ко-

лебаний ν , можно наблюдать явление резонанса. Оно состоит в значительном росте амплитуды колебаний.

Рассмотрим теперь волновое движение. Волна является распространяющимися со скоростью ν колебаниями. Пусть ν — частота этих колебаний. Назовем длиной волны λ расстояние между соседними максимумами. Несложно доказать следующую формулу $\nu = \lambda \nu$.

При нормальных условиях скорость звука, т.е. скорость распространения звуковых волн, в воздухе 330 м/с, в воде 1400 м/с.

№ 409.

Дано: $t = 8 \text{ с},$ $n = 32$	Решение. $T = \frac{t}{n} = \frac{8 \text{ с}}{32} = 0,25 \text{ с}, \quad \nu = \frac{n}{t} = \frac{32}{8 \text{ с}} = 4 \text{ Гц}.$
Найти: $T, \nu.$	Ответ: $T = 0,25 \text{ с}, \nu = 4 \text{ Гц}.$

№ 410.

Дано: $\nu_k = 600 \text{ Гц},$ $T = 5 \text{ мс} =$ $= 5 \cdot 10^{-3} \text{ с},$ $t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}.$	Решение. $\Delta n = \nu_k t - \frac{t}{T} = \left(\nu_k - \frac{1}{T} \right) t =$ $= \left(600 \text{ Гц} - \frac{1}{5 \cdot 10^{-3} \text{ с}} \right) \cdot 60 \text{ с} = 2,4 \cdot 10^4.$ Т.к. $\Delta n > 0$, то больше колебаний делает комар.
Найти: Δn	Ответ: комар.

№ 411.

Дано: $a = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м},$ $\nu = 1 \text{ кГц} = 10^3 \text{ Гц},$ $t = 0,2 \text{ с}.$	Решение. $S = 4an; n = \nu t;$ $S = 4a\nu t = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 10^3 \text{ Гц} \cdot 0,2 \text{ с} = 0,8 \text{ м}.$
Найти: $S.$	Ответ: $S = 0,8 \text{ м}.$

№ 412.

Дано: $\nu_1 = 420 \text{ Гц},$ $\nu_2 = 300 \text{ Гц},$ $\nu_1 = 7 \text{ м/с},$ $\nu_2 = 6 \text{ м/с},$ $S = 500 \text{ м}.$	Решение. $\Delta n = \nu_2 \frac{S}{\nu_2} - \nu_1 \frac{S}{\nu_1} = S \left(\frac{\nu_2}{\nu_2} - \frac{\nu_1}{\nu_1} \right) =$ $= 500 \text{ м} \cdot \left(\frac{300 \text{ Гц}}{6 \text{ м/с}} - \frac{420 \text{ Гц}}{7 \text{ м/с}} \right) = -5000;$ Значит, при полете за нектаром пчела совершает больше колебаний крыльями.
Найти: Δn	Ответ: пчела.

№ 413.

- а) Приподнять гирию и без начальной скорости отпустить;
 б) толкнуть гирию в нижней точке подвеса.

№ 414.

Дано: $m = 640 \text{ г} = 0,64 \text{ кг},$ $k = 0,4 \text{ кН/М} = 400 \text{ Н/М},$ $v = 1 \text{ м/с}.$	Решение. $\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}; x = \sqrt{\frac{m}{k}}v = \sqrt{\frac{0,64 \text{ кг}}{400 \text{ Н/М}}} \cdot 1 \text{ м/с} = 0,04 \text{ м}.$
Найти: $x.$	Ответ: $x = 0,04 \text{ м}.$

№ 415.

Дано: $k = 0,5 \text{ кН/М} = 500 \text{ Н/М},$ $x = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м},$ $v = 3 \text{ м/с}.$	Решение. $\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}; m = k \frac{x^2}{v^2} = k \left(\frac{x}{v} \right)^2 =;$ $= 500 \text{ Н/М} \cdot \left(\frac{0,06 \text{ м}}{3 \text{ м/с}} \right)^2 = 0,2 \text{ кг}.$
Найти: m	Ответ: $m = 0,2 \text{ кг}.$

№ 416.

Дано: $k_2 = 4k_1$	Решение. $\frac{k_1x_1^2}{2} = \frac{k_2x_2^2}{2}; x_2 = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}}x_1 = \frac{x_1}{2}; \frac{x_2}{x_1} = \frac{1}{2}.$
Найти: $\frac{x_2}{x_1}$	Ответ: $\frac{x_2}{x_1} = \frac{1}{2}.$

№ 417.

Дано: m, k, A	Решение.
Найти: $E, E_p, E_k, v.$	1) $E = k \frac{A^2}{2};$ 2) $E_p = \frac{kx^2}{2};$ 3) $E_k = E - E_p;$ 4) $\frac{mv^2}{2} = E_k; v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}.$

№ 418.

Дано: $m, k.$	Решение.
Найти: $v, T.$	$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}; T = \frac{1}{v}.$

№ 419.

Дано:

$k = 250 \text{ Н/м},$

$n = 20,$

$t = 16 \text{ с}.$

Решение.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}; T = \frac{t}{n}; m = \frac{kT^2}{4\pi^2} = \frac{kt^2}{4\pi^2 n^2} \approx \frac{250 \text{ Н/м} \cdot (16 \text{ с})^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 20^2} = 4 \text{ кг}.$$

Найти: m Ответ: $m = 4 \text{ кг}.$ **№ 420.**

Дано:

$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг},$

$n = 1,41$

Решение.

$$v_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M}}; v_2 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M+m}};$$

$$n = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M+m}{M}} = \sqrt{1 + \frac{m}{M}};$$

$$n^2 = 1 + \frac{m}{M};$$

$$M = \frac{m}{n^2 - 1} = \frac{0,1}{1,41^2 - 1} \approx 0,101 \text{ кг}.$$

Найти: M Ответ: $M = 0,101 \text{ кг}.$ **№ 421.**

Дано:

$l_2 = \frac{1}{4}l_1$

Решение.

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{l_2}{l_1}; k_2 = \frac{l_1}{l_2}k_1 = 4k_1;$$

$$v_1 \propto \sqrt{k_1}; v_2 \propto \sqrt{k_2} = 2\sqrt{k_1}; \frac{v_2}{v_1} = 2.$$

Найти: $\frac{v_2}{v_1}.$ Ответ: $\frac{v_2}{v_1} = 2.$ **№ 422.**

Дано:

$l.$

Найти: T, v

Решение.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; v = \frac{1}{T} ..$$

№ 423.

Дано:

$l_2 = 3l_1.$

Решение.

$$v_1 \propto \frac{1}{\sqrt{l_1}}; v_2 \propto \frac{1}{\sqrt{l_2}} = \frac{1}{\sqrt{3l_1}}; \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\sqrt{3}}.$$

Найти: $\frac{v_2}{v_1}.$ Ответ: $\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\sqrt{3}}.$

№ 424.

Дано:

$n_1 = 10,$

$n_2 = 30$

Решение.

1) $\frac{t}{n_1} = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}; l_1 = g \frac{t^2}{4n_1^2\pi^2};$

2) $\frac{t}{n_2} = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}; l_2 = g \frac{t^2}{4n_2^2\pi^2};$

3) $\frac{l_2}{l_1} = \frac{n_1^2}{n_2^2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \left(\frac{10}{30}\right)^2 = \frac{1}{9}.$

Найти: $\frac{l_2}{l_1}$

Ответ: $\frac{l_2}{l_1} = \frac{1}{9}.$

№ 425.

Дано:

$l = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м},$

$t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с},$

$n = 34.$

Решение.

$\frac{t}{n} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; g = \frac{4\pi^2 n^2}{t^2} l = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 34^2}{(60 \text{ с})^2} \cdot 0,8 \text{ м} \approx 10,3 \text{ м/с}^2.$

Найти: $g.$ Ответ: $g \approx 10,3 \text{ м/с}.$ **№ 426.**

а) Увеличивается длина подвеса. Значит, возрастет период. Значит, часы будут отставать.

б) Уменьшится ускорение свободного падения. Значит, возрастет период. Значит, часы будут отставать.

в) Уменьшится эффективное ускорение свободного падения, это уменьшение связано с вращением Земли вокруг своей оси. Значит, возрастет период. Значит, часы будут отставать.

№ 427.

Дано:

$n_1 = 50,$

$n_2 = 30,$

$\Delta l = 32 \text{ см} =$
 $= 0,32 \text{ м}.$

Решение.

1) $\frac{t}{n_1} = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}; \frac{t}{n_2} = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}; l_2 = l_1 + \Delta l; \frac{t}{n_2} = 2\pi\sqrt{\frac{l_1 + \Delta l}{g}};$

2) $\frac{t}{n_2} / \left(\frac{t}{n_1}\right) = \sqrt{\frac{l_1 + \Delta l}{l_1}} = \sqrt{1 + \frac{\Delta l}{l_1}} = \frac{n_1}{n_2};$

$$\frac{\Delta l}{l_1} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 - 1; l_1 = \frac{\Delta l}{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 - 1} = \frac{0,32 \text{ м}}{\left(\frac{50}{30}\right)^2 - 1} \approx 0,18 \text{ м}.$$

3) $l_2 = l_1 + \Delta l = 0,18 \text{ м} + 0,32 \text{ м} = 0,5 \text{ м}.$

Найти: l_1, l_2 | Ответ: $l_1 \approx 0,18$ м, $l_1 = 0,5$ м.

№ 428.

По графику видно, что амплитуда колебания 1 вдвое больше амплитуды колебания 2; период колебания 1 также вдвое больше периода колебания 2; отсюда имеем, что частота колебания 1 вдвое меньше частоты колебания 2.

№ 429.

По графику видно, что период равен 0,2 с; значит, частота равна

$$\frac{1}{0,2 \text{ с}} = 5 \text{ Гц}; \text{ амплитуда равна } 10 \text{ см.}$$

№ 430.

в); г); д); ж).

№ 431.

Потому, что усилие можно передавать малыми порциями, пользуясь явлением резонанса.

№ 432.

Нет. Точки должны быть в фазе с собственными колебаниями автомобиля.

№ 433.

От частоты собственных колебаний батута.

№ 434.

Период собственных колебаний автомобиля больше, если масса автомобиля больше, это значит, что частота меньше при большей массе. «Частота» же выбоин больше при большей скорости. Это значит, что машину будет больше трясти при меньшей скорости.

№ 435.

Дано: $v = 6 \text{ м/с},$ $\lambda = 3 \text{ м.}$	Решение. $\lambda = vT; T = \frac{\lambda}{v} = \frac{3 \text{ м}}{6 \text{ м/с}} = 0,5 \text{ с}; T = \frac{1}{v}; v = \frac{v}{\lambda} = \frac{6 \text{ м/с}}{3 \text{ м}} = 2 \text{ Гц.}$
Найти: $T, v.$	Ответ: $T = 0,5 \text{ с}, v = 2 \text{ Гц.}$

№ 436.

Дано: $t = 10 \text{ с},$ $n = 20,$ $\lambda = 1,2 \text{ м.}$	Решение. $\lambda = \frac{t}{n} v; v = \frac{n\lambda}{t} = \frac{20 \cdot 1,2 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 2,4 \text{ м/с.}$
Найти: v	Ответ: $v = 2,4 \text{ м/с.}$

№ 437.Дано: $T = 50$ с, $\lambda = 0,5$ м, $t = 5$ с, $n = 20$.

Решение.

$$v = \frac{n\lambda}{t}; \quad l = vT = n \frac{T}{t} \lambda = 20 \cdot \frac{50 \text{ с}}{5 \text{ с}} \cdot 0,5 \text{ м} = 100 \text{ м}.$$

Найти: l Ответ: $l = 100$ м.**№ 438.**

Дано:

 $\lambda_1 = 4,3$ м, $\lambda_2 = 25$ см, $c = 340$ м/с.

$$\text{Решение. } c = v_1 \lambda_1; \quad v_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{340 \text{ м/с}}{4,3 \text{ м}} \approx 79 \text{ Гц};$$

$$c = v_2 \lambda_2; \quad v_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{340 \text{ м/с}}{0,25 \text{ м}} = 1360 \text{ Гц}.$$

Найти:

 v_1, v_2 .Ответ: $v_1 \approx 79$ Гц, $v_2 = 1360$ Гц.**№ 439.**Дано: $v_1 = 90$ Гц, $v_2 = 9000$ Гц, $c = 340$ м/с.

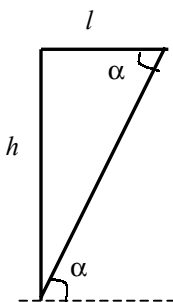
$$\text{Решение. } \lambda_1 = \frac{c}{v_1} = \frac{340 \text{ м/с}}{90 \text{ Гц}} \approx 3,8 \text{ м};$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{v_2} = \frac{340 \text{ м/с}}{9000 \text{ Гц}} \approx 0,038 \text{ м} = 3,8 \text{ см}.$$

Найти: λ_1, λ_2 .Ответ: $\lambda_1 = 3,8$ м, $\lambda_2 = 3,8$ см.**№ 440.**Дано: $t = 15$ с, $c = 340$ м.

Решение.

$$l = ct = 340 \text{ м/с} \cdot 15 \text{ с} = 5100 \text{ м}.$$

Найти: l .Ответ: $l = 5100$ м.**№ 441.**

Дано:

 $\alpha = 73^\circ$, $c = 340$ м/с.

$$\text{Решение. } h = ct; \quad l = vt; \quad \frac{l}{h} = \operatorname{ctg} \alpha; \quad \frac{v}{c} = \operatorname{ctg} \alpha;$$

$$v = c \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 340 \text{ м/с} \cdot \operatorname{ctg} 73^\circ \approx 100 \text{ м/с}.$$

Найти: v .Ответ: $v = 100$ м/с.

№ 442.

Дано:

$t = 2 \text{ с},$

$T = 36 \text{ с},$

$c = 340 \text{ м/с}.$

Решение.

$$vT = (v + c)t; \quad v = \frac{ct}{(T - t)} = \frac{340 \text{ м/с} \cdot 2 \text{ с}}{36 \text{ с} - 2 \text{ с}} = 20 \text{ м/с}.$$

Найти: v Ответ: $v = 20 \text{ м/с}.$ **№ 443.**

Дано:

$t = 45 \text{ с},$

$c_1 = 340 \text{ м/с},$

$c_2 = 1400 \text{ м/с}.$

Решение.

$$c_2 T = c_1 (T + t); \quad T = t \frac{c_1}{c_2 - c_1};$$

$$L = c_2 T = t \frac{c_1 c_2}{c_2 - c_1} =$$

$$= 45 \text{ с} \cdot \frac{1400 \text{ м/с} \cdot 340 \text{ м/с}}{1400 \text{ м/с} - 340 \text{ м/с}} \approx 2 \cdot 10^4 \text{ м} = 20 \text{ км}.$$

Найти: L .Ответ: $L = 20 \text{ км}.$ **№ 444.**

Дано:

$v_0, \alpha.$

$$\text{Решение. } v_0 \sin \alpha = g \frac{t_1}{2}; \quad t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}; \quad l = v_0 \cos \alpha \cdot t_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g};$$

Найти: t .

$$t_2 = \frac{l}{c} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{cg}; \quad t = t_1 + t_2 = \frac{v_0}{g} \left(2 \sin \alpha + \frac{v_0 \sin 2\alpha}{c} \right).$$

№ 445.

Комар, т.к. он «пищит» выше.

№ 446.

Работающая в холостую дрель делает больше оборотов в единицу времени, поэтому звук, создаваемый ей, будет выше.

№ 447.Дано: $c = 340 \text{ м/с},$

$l = 68 \text{ м}.$

$$\text{Решение. } t = \frac{2l}{c} = \frac{2 \cdot 68 \text{ м}}{340 \text{ м/с}} = 0,4 \text{ с}.$$

Найти: t .Ответ: $t = 0,4 \text{ с}.$ **№ 448.**Дано: $c = 1400 \text{ м/с},$

$t = 0,6 \text{ с}.$

$$\text{Решение. } 2h = ct; \quad h = \frac{ct}{2} = \frac{1400 \text{ м/с} \cdot 0,6 \text{ с}}{2} = 420 \text{ м}.$$

Найти: h .Ответ: $h = 420 \text{ м}.$ **№ 449.**

Из-за многократного отражения звука.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Основы молекулярно-кинетической теории

Основным положением молекулярно-кинетической теории является утверждение, что все тела состоят из мельчайших частиц (молекул, атомов и т.д.), которые движутся и взаимодействуют между собой. Доказательствами молекулярного строения вещества являются дробление тел, плавление, испарение, диффузия, броуновское движение и т.д.

Молярной массой M вещества называется масса такого количества молекул данного вещества, которое содержится в углероде ^{12}C массой 12 г. Молярную массу вещества можно узнать по таблице Менделеева, сложив атомные массы всех атомов, входящих в молекулу этого вещества. При этом молярная масса будет измеряться в г/моль. Для перевода в систему СИ это значение следует умножить на 10^{-3} . При этом молярная масса измеряется в кг/моль. Так, например, молярная масса водорода H_2 равна $2 \text{ г/моль} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

В одном моле любого вещества содержится $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ молекул. Число N_A называется постоянной Авогадро. Масса одной молекулы m_0 выражается формулой

$$m_0 = \frac{M}{N_A}.$$

Количеством вещества ν называется отношение числа молекул N к числу Авогадро N_A :

$$\nu = \frac{N}{N_A}.$$

Если m — масса вещества, то $\nu = \frac{m}{M}$.

Идеальным газом называется газ, в котором молекулы движутся свободно и взаимодействуют между собой и со стенками сосуда только при столкновениях. Модель идеального газа удовлетворительно описывает достаточно разреженные газы.

Среднеквадратичной скоростью молекул $\langle v^2 \rangle$ называется следующая физическая величин

$$\langle v^2 \rangle = \frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots}{N},$$

где v_1, v_2, v_3, \dots — скорости молекул: первой, второй, третьей, и так далее до N . Отметим, что средняя скорость молекул равна нулю и не равна

$$\sqrt{\langle v^2 \rangle}.$$

Концентрацией молекул n называется отношение числа молекул N в объеме V к этому объему V :

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

Давление p можно выразить следующей формулой

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v^2 \rangle.$$

Это уравнение носит название основного уравнения молекулярно кинетической теории (МКТ) газов. Это уравнение можно переписать в виде

$$p = \frac{1}{3} \rho \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle,$$

где ρ — плотность газа, $\langle E_k \rangle = \frac{m_0 \langle v^2 \rangle}{2}$ — средняя кинетическая энергия молекулы газа.

Средняя кинетическая энергия $\langle E_k \rangle$ связана с температурой T газа формулой

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT,$$

где k — постоянная Больцмана. Она численно равна $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

Можно доказать следующую формулу: $p = nkT$.

Из нее следует уравнение Менделеева-Клапейрона

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

где $R = kN_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}$ — универсальная газовая постоянная.

При неизменной массе и составе газа $\frac{pV}{T} = \text{const}$. Если же постоянна еще и температура, то $pV = \text{const}$ (изотермический процесс),

если давление постоянно, то $\frac{V}{T} = \text{const}$ (изобарический процесс), если объем постоянен, то $\frac{P}{T} = \text{const}$ (изохорический процесс).

Водяной пар всегда присутствует в атмосфере Земли, как малая примесь, но он во многом определяет погоду. Влажность воздуха можно характеризовать парциальным давлением пара p или плотностью пара ρ (абсолютная влажность). Насыщенным паром называется пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью. При определенной температуре существует такое давление, при котором водяной пар становится насыщенным. Такое давление $p_{\text{нас}}$ называется давлением насыщенного пара. Это давление можно найти по таблице в задачнике. Относительной влажностью ϕ называется отношение парциального давления пара p к давлению насыщенного пара $p_{\text{нас}}$: $\phi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}$. Если $\rho_{\text{нас}}$ — плотность насыщенного

пара, то $\phi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}}$.

В жидкостях имеет место явление поверхностного натяжения. Оно состоит в том, что жидкость стремится уменьшить свою энергию, минимизировав поверхность. Как известно, из всех тел заданного объема минимальной поверхностью обладает шар. Именно поэтому жидкость в невесомости приобретает шарообразную форму. Сила поверхностного натяжения F , действующая на тело длины l , выражается формулой

$$F = \sigma l,$$

где σ — коэффициент поверхностного натяжения.

Пусть имеется твердое тело длиной l с площадью поперечного сечения S , которое под действием силы F удлинилось на Δl . Тогда имеет место формула

$$\sigma = E\varepsilon,$$

где $\sigma = \frac{F}{S}$ — напряжение в теле, E — константа, которая называется

модулем Юнга, $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ — относительное удлинение.

№ 450.

Дано: $m = 5,4 \text{ кг}$,

$\mu = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$.

Найти: ν .

Решение. $\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{5,4 \text{ кг}}{2,7 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}} = 2 \cdot 10^2 \text{ моль}$.

Ответ: $\nu = 2 \cdot 10^2 \text{ моль}$.

№ 451.

Дано: $\nu = 500$ моль,
 $\mu = 4,4 \cdot 10^{-2}$ кг/моль.

Решение.

$$m = \mu \nu = 500 \text{ моль} \cdot 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} = 22 \text{ кг.}$$

Найти: m .

Ответ: $m = 22$ кг.

№ 452.

Дано: $\mu = 0,2$ кг/моль,
 $\rho = 13600$ кг/м³,
 $\nu = 100$ моль.

Решение. $m = \rho V = \mu \nu$;

$$V = \frac{\mu \nu}{\rho} = \frac{0,2 \text{ кг/моль} \cdot 100 \text{ моль}}{13600 \text{ кг/м}^3} \approx 0,0015 \text{ м}^3.$$

Найти: V

Ответ: $V \approx 0,0015 \text{ м}^3$.

№ 453.

Дано:

$$\mu_1 = 0,207 \text{ кг/моль},$$

$$\rho_1 = 11,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3,$$

$$\mu_2 = 0,119 \text{ кг/моль},$$

$$\rho_2 = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

Решение.

$$m_1 = \rho_1 V_1 = \mu_1 \nu; \quad m_2 = \rho_2 V_2 = \mu_2 \nu;$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{207 \text{ кг/моль}}{119 \text{ кг/моль}} \frac{7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3}{11,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3} \approx 1,2;$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{207 \text{ кг/моль}}{119 \text{ кг/моль}} \approx 1,7.$$

Найти: $\frac{V_1}{V_2}, \frac{m_1}{m_2}$.

Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = 1,2, \frac{m_1}{m_2} = 1,7$.

№ 454.

Дано:

$$V_{N_2} = 2 \text{ м}^3,$$

Решение.

1) При постоянном давлении и объеме 1 моль любого газа занимает объем V_0 , который не зависит от сорта газа.

$$2) \nu = \frac{V_{N_2}}{V_0}; \quad V_{H_2} = \nu V_0 = V_{N_2} = 2 \text{ м}^3.$$

$$3) \text{ Аналогично } V_{O_2} = 2 \text{ м}^3.$$

Найти: V_{H_2}, V_{N_2} .

Ответ: $V_{H_2} = V_{N_2} = 2 \text{ м}^3$.

№ 455.

Дано:

$$N_A = 6,04 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1},$$

$$\mu_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль},$$

$$\mu_2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}.$$

Решение.

$$m_1 = \frac{\mu_1}{N_A} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{6,04 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 3,3 \cdot 10^{-27} \text{ кг};$$

$$m_2 = \frac{\mu_2}{N_A} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{6,04 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

Найти: m_1, m_2 . | Ответ: $m_1 = 3,3 \cdot 10^{-27}$ кг, $m_1 = 1,7 \cdot 10^{-27}$ кг.

№ 456.

Дано:

$$\mu = 44 \text{ г/моль},$$

$$m = 1 \text{ г}.$$

Решение.

$$N = N_A \frac{m}{\mu} = 6,04 \cdot 10^{23} \text{ моль} \cdot \frac{1 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} \approx 1,37 \cdot 10^{22}.$$

Найти: N

Ответ: $N \approx 1,37 \cdot 10^{22}$.

№ 457.

Дано:

$$m = 135 \text{ г},$$

$$\mu = 27 \text{ г/моль}.$$

Решение.

$$N = N_A \frac{m}{\mu} = 6,04 \cdot 10^{23} \text{ кг} \cdot \frac{135 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} \approx 3 \cdot 10^{24}.$$

Найти: N

Ответ: $N \approx 3 \cdot 10^{24}$.

№ 458.

Дано:

$$S = 20 \text{ см}^2 = 0,02 \text{ м}^2,$$

$$h = 1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м},$$

$$\rho = 10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3,$$

$$\mu = 108 \text{ г/моль}.$$

Решение.

$$N = N_A \frac{m}{\mu};$$

$$m = \rho Sh; N = \rho \frac{N_A}{\mu} Sh =$$

$$= 10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot \frac{6,04 \cdot 10^{-23} \text{ моль}^{-1}}{108 \text{ г/моль}} \cdot 0,02 \cdot 10^{-6} \approx$$

$$\approx 1,2 \cdot 10^{20}.$$

Найти: N

Ответ: $N \approx 1,2 \cdot 10^{20}$.

№ 459.

Дано:

$$N_A, \rho, \mu, m, V$$

Решение.

$$1) N_2 = \frac{m}{\mu} N_A;$$

$$2) m = \rho V; N_3 = \frac{\rho V}{\mu} N_A;$$

3) Для единичного объема N_1 численно выражается формулой для N_3

$$\text{при } V = 1 \text{ м}^3, \text{ т.е. } N_1 = \frac{\rho}{\mu} N_A.$$

Найти:

$$N_1, N_2, N_3$$

Ответ: $N_1 = \frac{\rho}{\mu} N_A, N_2 = \frac{m}{\mu} N_A, N_3 = \frac{\rho V}{\mu} N_A.$

№ 460.

Дано:

$$n_1 = 3 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3},$$

$$n^2 = 8,5 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3},$$

$$\mu_1 = 201 \text{ г/моль},$$

$$\mu_2 = 71 \text{ г/моль}.$$

Решение.

$$1) n_1 = \frac{N_1}{V}; N_1 = N_A \frac{m}{\mu_1}; m_1 = \rho_1 V;$$

$$n_1 = N_A \rho_1 \frac{1}{\mu_1}; \rho_1 = \frac{n_1 \mu_1}{N_A} = \frac{3 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3} \cdot 201 \text{ г/моль}}{6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 10^{-5} \text{ г}.$$

2) Аналогично

$$\rho_2 = \frac{n_2 \mu_2}{N_A} = \frac{8,5 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3} \cdot 71 \text{ г/моль}}{6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 10^{-3} \text{ г}.$$

Найти: ρ_1, ρ_2 .Ответ: $\rho_1 \approx 10^{-5} \text{ г}, \rho_2 \approx 10^{-3} \text{ г}.$ **№ 461.**

Дано:

$$d = 2,3 \cdot 10^{-10} \text{ м},$$

$$\mu = 2 \text{ г/моль},$$

$$m = 1 \text{ мг} = 10^{-3} \text{ г}.$$

Решение.

$$N = N_A \frac{m}{\mu}; l = Nd; l = d N_A \frac{m}{\mu} =$$

$$= 2,3 \cdot 10^{-10} \text{ м} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot \frac{10^{-3} \text{ г}}{2} = 6,9 \cdot 10^{10} \text{ м} =$$

$$= 6,9 \cdot 10^7 \text{ км}.$$

Эта величина на два порядка больше расстояния от Земли до Луны.

Найти: l Ответ: $l = 6,9 \cdot 10^7 \text{ км}.$ **№ 462.**

Дано:

$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг},$$

$$t = 20 \text{ сут} = 1,728 \cdot 10^6 \text{ с},$$

$$\mu = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}.$$

Решение.

$$m_0 = \frac{\mu}{N_A}; N = \frac{m}{m_0} = \frac{m N_A}{\mu};$$

$$n = \frac{N}{t} = \frac{m N_A}{\mu t} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{1,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot 1,728 \cdot 10^6 \text{ с}} \approx$$

$$\approx 3,9 \cdot 10^{18} \text{ с}^{-1}.$$

Найти: n Ответ: $n \approx 3,9 \cdot 10^{18} \text{ с}^{-1}.$ **№ 463.**Дано: $h = 10 \text{ м},$

$$S = 20 \text{ км}^2 = 2 \cdot 10^{13} \text{ м}^2,$$

$$m = 0,01 \text{ г} = 10^{-5} \text{ кг},$$

$$V_0 = 2 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

$$\mu = 59 \text{ г/моль}.$$

Решение.

$$V = Sh; n = \frac{m N_A}{\mu V} = \frac{m N_A}{\mu Sh}; N = n V_0 = \frac{m N_A V_0}{\mu Sh} =$$

$$= \frac{0,01 \text{ г} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{59 \text{ г/моль} \cdot 2 \cdot 10^{13} \text{ м}^2 \cdot 10 \text{ м}} = 10^6.$$

Найти: N Ответ: $N = 10^6.$

№ 464.

Дано:

$\rho = 2200 \text{ кг/м}^3,$

$\mu =$

Найти: d

Решение.

Пусть в кристалле содержится N молекул.

$$V = 2Nd^3; N = \frac{m}{\mu} N_A; m = \rho V; V = \frac{m}{\rho};$$

$$N = \frac{m}{\mu} N_A; m = \frac{N\mu}{N_A}; V = \frac{N\mu}{\rho N_A} = 2Nd^3;$$

$$d^3 = \frac{\mu}{2\rho N_A}; d = \sqrt[3]{\frac{\mu}{2\rho N_A}}$$

№ 465.

Дано:

$p_2 = 4p_1$

Решение.

$$p_1 = \frac{1}{3} \rho v_1^2; p_2 = \frac{1}{3} \rho v_2^2; \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} = \sqrt{4} = 2.$$

Найти: $\frac{v_2}{v_1}$ Ответ: $\frac{v_2}{v_1} = 2.$ **№ 466.**

Дано:

$\mu_2 = 32 \text{ г/моль},$

$\mu_1 = 2 \text{ г/моль}.$

Решение.

$$m_{01} = \frac{\mu_1}{N_A}; m_{02} = \frac{\mu_2}{N_A}; p_1 = \frac{1}{3} m_{01} n v^2;$$

$$p_2 = \frac{1}{3} m_{02} n v^2; \frac{p_2}{p_1} = \frac{m_{02}}{m_{01}} = \frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{32 \text{ г/моль}}{2 \text{ г/моль}} = 16.$$

Найти: $\frac{p_2}{p_1}$ Ответ: $\frac{p_2}{p_1} = 16.$ **№ 467.**

Дано:

$V_2 = \frac{1}{3} V_1$

Решение.

$$p_1 = \frac{1}{3} \frac{N}{V_1} m_0 v^2; p_2 = \frac{1}{3} \frac{N}{V_2} m_0 v^2; \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} = 3.$$

Найти: $\frac{p_2}{p_1}$ Ответ: $\frac{p_2}{p_1} = 3.$ **№ 468.**

Дано:

$v = 500 \text{ м/с},$

$\rho = 1,35 \text{ кг/м}^3.$

Решение.

$$p = \frac{1}{3} \rho v^2 = \frac{1}{3} \cdot 1,35 \text{ кг/м}^3 \cdot (500 \text{ м/с})^2 \approx 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Найти: p Ответ: $p \approx 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}.$

№ 469.

Дано:

$m = 6 \text{ кг},$

$V = 5 \text{ м}^3,$

$p = 200 \text{ кПа} =$

$= 2 \cdot 10^5 \text{ Па}.$

Решение.

$$p = \frac{1}{3} \rho v^2; \quad p = \frac{1}{3} \frac{m}{V} v^2;$$

$$v = \sqrt{\frac{3pV}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 5 \text{ м}^3}{6 \text{ кг}}} \approx 700 \text{ м/с}.$$

Найти: v Ответ: $v \approx 700 \text{ м/с}.$ **№ 470.**

Дано:

$p = 0,2 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па},$

$v = 700 \text{ м/с},$

$\mu = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}.$

Решение.

$$p = \frac{1}{3} n \frac{\mu}{N_A} v^2; \quad n = \frac{3pN_A}{\mu v^2} =$$

$$= \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot (700 \text{ м/с})^2} \approx 2,3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

Найти: n .Ответ: $n \approx 2,3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$ **№ 471.**

Дано:

$\mu_1 = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль},$

$\mu_2 = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль},$

$\rho_1 = 1,25 \text{ кг/м}^3,$

$\rho_2 = 1,43 \text{ кг/м}^3,$

$p = 10100 \text{ Па}.$

Решение.

$$1) \quad p = \frac{1}{3} \rho_1 \frac{\mu_1}{N_A} v_1^2; \quad v_1 = \sqrt{\frac{3pN_A}{\rho_1 \mu_1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{3 \cdot 10100 \text{ Па} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{1,25 \text{ кг/м}^3 \cdot 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}}} = 490 \text{ м/с}.$$

$$2) \quad p = \frac{1}{3} \rho_2 \frac{\mu_2}{N_A} v_2^2;$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{3pN_A}{\rho_2 \mu_2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{3 \cdot 10100 \text{ Па} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{1,41 \text{ кг/м}^3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}}} \approx 460 \text{ м/с}.$$

Найти: v_1, v_2 .Ответ: $v_1 = 490 \text{ м/с}, v_2 \approx 460 \text{ м/с}.$ **№ 472.**

Дано:

$p = 20 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^4 \text{ Па},$

$n = 3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$

Решение.

$$p = \frac{2}{3} nE; \quad E = \frac{3p}{2n} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ Па}}{2 \cdot 3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}} = 10^{-21} \text{ Дж}.$$

Найти: E Ответ: $E = 10^{-21} \text{ Дж}.$

№ 473.

Дано: $E_2 = 2E_1$, $V_2 = \frac{1}{3}V_1$.	Решение. $p_1 = \frac{2}{3} \frac{m}{V_1} E_1$; $p_2 = \frac{2}{3} \frac{m}{V_2} E_2 = \frac{2}{3} \frac{3m}{V_1} \cdot 2E_1 = 6p_1$; $\frac{p_1}{p_2} = 3$.
Найти: $\frac{p_1}{p_2}$	Ответ: $\frac{p_1}{p_2} = 3$.

№ 474.

Дано: $E = 6,21 \cdot 10^{-21}$ Дж.	Решение. $E = \frac{3}{2} kT$; $T = \frac{2}{3} \frac{E}{k} = \frac{2}{3} \frac{6,21 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}} = 300 \text{ К}$.
Найти: T	Ответ: $T = 300 \text{ К}$.

№ 475.

Дано: $E_2 = 2E_1$, $T_1 = -73^\circ \text{C} = 200 \text{ К}$.	Решение. $E_1 = \frac{3}{2} kT_1$; $E_2 = 2E_1 = \frac{3}{2} kT_2 = 3kT_1$; $T_2 = 2T_1 = 2 \cdot 200 \text{ К} = 400 \text{ К}$.
Найти: T_2	Ответ: $T_2 = 400 \text{ К}$.

№ 476.

Дано: $T_1 = 7^\circ \text{C} = 280 \text{ К}$, $T_2 = 35^\circ \text{C} = 308 \text{ К}$.	Решение. $\frac{E_2 - E_1}{E_1} = \frac{E_2}{E_1} - 1 = \frac{308}{280} - 1 = 0,1$ или 10%.
Найти: $\frac{E_2 - E_1}{E_1}$	Ответ: $\frac{E_2 - E_1}{E_1} = 0,1$ или 10%.

№ 477.

Дано: $T = 290 \text{ К}$, $p = 0,8 \text{ МПа} = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$	Решение. $E = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 290 \text{ К} \approx 6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$; $p = nkT$; $n = \frac{p}{kT} = \frac{8 \cdot 10^5 \text{ Па}}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 290 \text{ К}} \approx 2 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$.
Найти: E, n	Ответ: $E \approx 6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$, $n \approx 2 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$.

№ 478.

Дано: $p = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$, $n = 10^{25} \text{ м}^{-3}$.	Решение. $p = nkT$; $T = \frac{p}{nk} = \frac{10^5 \text{ Па}}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}} \approx 72 \text{ К}$.
Найти: T	

№ 479.

Дано:

$p_1 = 101325 \text{ Па},$

$T_1 = 288,15 \text{ К},$

$p_2 = 19399 \text{ Па},$

$T_2 = 216,65 \text{ К}.$

Решение.

$$p_1 = n_1 k T_1; \quad n_1 = \frac{p_1}{k T_1}; \quad p_2 = n_2 k T_2; \quad n_2 = \frac{p_2}{k T_2};$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{101325 \text{ Па}}{288,15 \text{ К}} \cdot \frac{216,65 \text{ К}}{19399 \text{ Па}} \approx 3,927.$$

Найти: $\frac{n_1}{n_2}$

Ответ: $\frac{n_1}{n_2} \approx 3,927.$

№ 480.

Дано:

$\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль},$

$T = 27^0 \text{ С} = 300 \text{ К}.$

Решение.

$$\frac{m_0 v^2}{2} = \frac{3}{2} k T; \quad m_0 = \frac{\mu}{N_A}; \quad \frac{\mu}{N_A} v^2 = 3 k T;$$

$$v = \sqrt{\frac{3 k T N_A}{\mu}} =$$

$$= \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 300 \text{ К} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}} \approx$$

$$\approx 1930 \text{ м/с}.$$

Найти: v

Ответ: $v = 1930 \text{ м/с}.$

№ 481.

Дано:

$\mu_1 = 2 \text{ г/моль},$

$\mu_2 = 32 \text{ г/моль}.$

Решение.

$$\frac{\mu_1}{N_A} \frac{v_1^2}{2} = \frac{3}{2} k T; \quad \frac{\mu_2}{N_A} \frac{v_2^2}{2} = \frac{3}{2} k T$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\mu_2}{\mu_1}; \quad \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}} = \sqrt{\frac{32 \text{ г/моль}}{2 \text{ г/моль}}} = 4.$$

Найти: $\frac{v_1}{v_2}$

Ответ: $\frac{v_1}{v_2} = 4.$

№ 482.

Дано:

$v = 830 \text{ м/с},$

$\mu = 2,8 \cdot 10^{-2}$

$\text{кг/моль}.$

Решение.

$$\frac{\mu}{N_A} \frac{v^2}{2} = \frac{3}{2} k T;$$

$$T = \frac{\mu v^2}{3 N_A k} = \frac{2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot (830 \text{ м/с})^2}{3 \cdot 6 \cdot 10^{-23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}} \approx 776 \text{ К}.$$

Найти: T

Ответ: $T \approx 776 \text{ К}.$

№ 483.

Дано:

$$T_1 = -30^\circ \text{C} = 243 \text{K},$$

$$T_2 = 30^\circ \text{C} = 303 \text{K}.$$

Решение.

$$mv_1^2 = 3kT_1; \quad mv_2^2 = 3kT_2; \quad \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{303 \text{ K}}{243 \text{ K}}} \approx 1,1 \dots$$

Найти: $\frac{v_2}{v_1}$ Ответ: $\frac{v_2}{v_1} \approx 1,1$ **№ 484.**

Дано:

$$m = 1 \text{ кг},$$

$$T, \bar{v}.$$

Решение.

$$m = Nm_0; \quad \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT;$$

$$m_0 = \frac{3kT}{\bar{v}^2}; \quad N = \frac{m}{m_0} = \frac{m \bar{v}^2}{3kT}.$$

Учитывая $m = 1$, получим $N = \frac{\bar{v}^2}{3kT}$.Найти: N Ответ: $N = \frac{\bar{v}^2}{3kT}$.**№ 485.**

Дано:

$$m = 1,75 \cdot 10^{-12} \text{ кг},$$

$$\mu = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}.$$

Решение.

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{3}{2} kT;$$

$$\frac{\mu}{2N_A} v_2^2 = \frac{3}{2} kT; \quad mv_1^2 = \frac{\mu}{N_A} v_2^2;$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{mN_A}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,75 \cdot 10^{-12} \text{ кг} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}}} \approx 6 \cdot 10^6.$$

Найти: $\frac{v_2}{v_1}$ Ответ: $\frac{v_2}{v_1} \approx 6 \cdot 10^6$.**№ 486.**

Дано:

$$\mu = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль},$$

$$T, p, h.$$

Решение.

$$1) \quad \bar{E} = \frac{3}{2} kT;$$

$$2) \quad m_0 = \frac{\mu}{N_A}, \quad \frac{m_0 v^2}{2} = \bar{E}, \quad v^2 = \sqrt{\frac{2\bar{E}N_A}{\mu}};$$

$$3) \quad p = nkT, \quad n = \frac{p}{kT};$$

$$4) \quad \rho = m_0 n = \frac{\mu}{N_A} n$$

Найти: \bar{E}, n, ρ, v

№ 487.

Дано:

$$\begin{aligned}\mu &= 0,108 \text{ кг/моль}, \\ v &= 45 \text{ с}^{-1}, \\ \Delta l &= 1,12 \text{ см} = 0,0112 \text{ м}, \\ r_1 &= 1,2 \text{ см} = 0,012 \text{ м}, \\ r_2 &= 16 \text{ см} = 0,16 \text{ м}, \\ T &= 1500 \text{ К}.\end{aligned}$$

Решение.

$$\begin{aligned}1) \Delta l &= 2\pi v r_2 t; \\ 2) r_2 &= v_{\text{Э}} t, \quad t = \frac{r_2}{v_{\text{Э}}}, \quad \Delta l = 2\pi v \frac{r_2^2}{v_{\text{Э}}}, \\ v_{\text{Э}} &= \frac{2\pi v r_2^2}{\Delta l} \approx \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 45 \text{ с}^{-1} \cdot (0,16 \text{ м})^2}{0,0112 \text{ м}} \approx \\ &\approx 646 \text{ м/с}; \\ 3) v_T &= \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kN_A T}{\mu}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \\ &\approx \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1500 \text{ К}}{0,108 \text{ кг/моль}}} \approx 590 \text{ м/с}.\end{aligned}$$

Найти: $v_{\text{Э}}, v_T$ Ответ: $v_{\text{Э}} \approx 646 \text{ м/с}, v_T \approx 590 \text{ м/с}.$ **№ 488.**

Дано:

$$\begin{aligned}p &= 200 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}, \\ T &= 240 \text{ К}, \\ V &= 40 \text{ л} = 0,04 \text{ м}^3.\end{aligned}$$

Решение.

$$\begin{aligned}pV &= \nu RT; \\ \nu &= \frac{pV}{RT} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,04 \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 240 \text{ К}} \approx 4 \text{ моль/}\end{aligned}$$

Найти: ν Ответ: $\nu = 4 \text{ моль}.$ **№ 489.**

Дано:

$$\begin{aligned}V &= 20 \text{ л} = 0,02 \text{ м}^3, \\ \mu &= 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}, \\ T &= 12^0 \text{ C} = 285 \text{ К}, \\ m &= 2 \text{ кг}.\end{aligned}$$

Решение.

$$\begin{aligned}pV &= \frac{m}{\mu} RT; \quad p = \frac{mRT}{\mu V} = \\ &= \frac{2 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 285 \text{ К}}{2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot 0,02 \text{ м}^3} \approx 8,2 \cdot 10^6 \text{ Па}.\end{aligned}$$

Найти: p Ответ: $p \approx 8,2 \cdot 10^6 \text{ Па}.$ **№ 490.**

Дано:

$$\begin{aligned}V &= 25 \text{ л} = 0,025 \text{ м}^3, \\ m_1 &= 20 \text{ г} = 0,02 \text{ кг}, \\ m_2 &= 2 \text{ г} = 0,002 \text{ кг}, \\ \mu_1 &= 4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль},\end{aligned}$$

Решение.

$$\begin{aligned}1) p_1 V &= \frac{m}{\mu_1} RT, \quad p_1 = \frac{RT}{V} \frac{m_1}{\mu_1}; \\ 2) \text{Аналогично: } p_2 &= \frac{RT}{V} \frac{m_2}{\mu_2};\end{aligned}$$

$\mu_2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль},$ $T = 301 \text{ К}.$	$3) P = P_1 + P_2 = \frac{RT}{V} \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) = \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 301 \text{ К}}{0,025 \text{ м}^3} \times$ $\times \left(\frac{0,02 \text{ кг}}{4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}} + \frac{0,002 \text{ кг}}{4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} \right) = 10^5 \text{ Па}.$
--	---

Найти: p .	Ответ: $p = 10^5 \text{ Па}.$
--------------	-------------------------------

№ 491.

Дано:

$$V = 64 \text{ м}^3,$$

$$\mu = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль},$$

$$p = 10^5 \text{ Па},$$

$$T = 273 \text{ К}.$$

Решение.

$$pV = \frac{m}{\mu} RT;$$

$$m = \frac{\mu p V}{RT} = \frac{1,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 64 \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 273 \text{ К}} \approx 45 \text{ кг}.$$

Найти: m	Ответ: $m \approx 45 \text{ кг}.$
------------	-----------------------------------

№ 492.

Дано:

$$\mu = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль},$$

$$V_1 = 1,45 \text{ м}^3,$$

$$T = 20^0 \text{ С} = 293 \text{ К},$$

$$P = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па},$$

$$\rho = 861 \text{ кг/м}^3.$$

Решение.

$$pV_1 = \frac{m}{\mu} RT; \quad m = \frac{\mu p V_1}{RT}; \quad V_2 = \frac{m}{\rho} = \frac{\mu p V_1}{\rho RT} =$$

$$= \frac{2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1,45 \text{ м}^3}{861 \text{ кг/м}^3 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293 \text{ К}} \approx 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Найти: V_2	Ответ: $V_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$
--------------	---

№ 493.

Дано:

$$\mu_1 = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль},$$

$$\mu_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}.$$

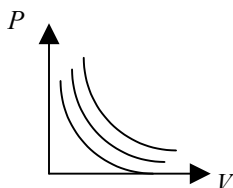
Решение.

$$p_1 V = \frac{m}{\mu_1} RT; \quad p_2 V = \frac{m}{\mu_2} RT;$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{4,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} = 22.$$

Найти: $\frac{p_2}{p_1}$	Ответ: $\frac{p_2}{p_1} = 22.$
--------------------------	--------------------------------

№ 494.



Дано:

$$\nu_1 = 1 \text{ моль},$$

$$T_1 = 260 \text{ К},$$

$$T_2 = 390 \text{ К},$$

$$\nu_2 = 2 \text{ моль}.$$

Найти:

Решение.

$$1) pV = \nu_1 RT_1 = RT_1;$$

$$2) pV = \nu_2 RT_2 = 2RT_1;$$

$$3) pV = \nu_1 RT_2 = 1,5RT_1$$

№ 495.

Дано:

$$T = 15^\circ \text{C} = 288 \text{ К},$$

$$\alpha = 0,4,$$

$$\Delta T = 8^\circ \text{C} = 8 \text{ К}.$$

Решение. $p_1 V = \frac{m}{\mu} RT$; $p_2 V = \frac{m(1-\alpha)}{\mu} R(T - \Delta T)$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{(1-\alpha)(T - \Delta T)}{T} = (1-\alpha) \cdot \left(1 - \frac{\Delta T}{T}\right) =$$

$$= (1-0,4) \left(1 - \frac{8 \text{ К}}{288 \text{ К}}\right) \approx 0,6.$$

Найти: $\frac{p_2}{p_1}$

Ответ: $\frac{p_2}{p_1} \approx 0,6.$

№ 496.

Дано:

$$\mu_1 = 32 \text{ г/моль},$$

$$\mu_2 = 44 \text{ г/моль}.$$

Решение. 1) $pV = \frac{m}{\mu_1} RT$, $\mu_1 p = \rho_1 RT$;

$$2) pV = \frac{m}{\mu_2} RT, \mu_2 p = \rho_2 RT;$$

$$3) \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{32 \text{ г/моль}}{44 \text{ г/моль}} \approx 0,73.$$

Найти: $\frac{\rho_1}{\rho_2}$

Ответ: $\frac{\rho_1}{\rho_2} \approx 0,73.$

№ 497.

Дано: p, T

Найти: ρ

Решение.

$$pV = \frac{m}{\mu} RT; p = \frac{\rho}{\mu} RT; \rho = \frac{\mu p}{RT}$$

№ 498.

Дано:

$$T = 750 \text{ К},$$

$$p = 9120$$

$$\text{кПа} = 9,12 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$\mu = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}.$$

Решение.

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

$$= \frac{4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot 9,12 \cdot 10^6 \text{ Па}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 750 \text{ К}} \approx 64 \text{ кг/м}^3.$$

Найти: ρ

Ответ: $\rho \approx 64 \text{ кг/м}^3$.

№ 499.

Дано:

$$p = 10^5 \text{ Па},$$

$$T = 273 \text{ К},$$

$$\mu_1 = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль},$$

$$\mu_2 = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль},$$

$$m_1 = 56 \text{ г} = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг},$$

$$m_2 = 44 \text{ г} = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг}.$$

Решение.

$$p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} R T; \quad \frac{m_1}{V} = \frac{\mu_1 p_1}{R T};$$

$$p_2 V = \frac{m_2}{\mu_2} R T; \quad \frac{m_2}{V} = \frac{\mu_2 p_2}{R T}; \quad p = p_1 + p_2;$$

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V} = \frac{m_1}{V} + \frac{m_2}{V} = \frac{1}{R T} (\mu_1 p_1 + \mu_2 p_2);$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1}{m_2}; \quad p_1 = p_2 \frac{m_1}{m_2}; \quad p_1 = p - p_2 = p_2 \frac{m_1}{m_2};$$

$$p = p_2 \left(\frac{m_1}{m_2} + 1 \right) = \frac{m_1 + m_2}{m_2} p_2;$$

$$p_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} p; \quad p_1 = p - p_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} p;$$

$$\rho = \frac{p}{R T (m_1 + m_2)} (\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2) =$$

$$= \frac{10^5 \text{ Па}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} (5,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг} + 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг})} \times$$

$$\times (2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг} + 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг}) = 1,5 \text{ кг/м}^3.$$

Найти: ρ .

Ответ: $\rho = 1,5 \text{ кг/м}^3$.

№ 500.

Дано:

$$S = 20 \text{ м}^2,$$

$$h = 2,5 \text{ м},$$

$$T_1 = 288 \text{ К},$$

$$T_2 = 298 \text{ К},$$

$$\mu = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ К},$$

$$p = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}.$$

Решение.

$$p S h = \frac{m}{\mu} R T_1; \quad p S h = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T_2;$$

$$m T_1 = (m - \Delta m) T_2; \quad m (T_2 - T_1) = \Delta m T_2;$$

$$\Delta m = m \left(1 - \frac{T_1}{T_2} \right); \quad m = \frac{p S h \mu}{R T_1};$$

$$\Delta m = \frac{p S h \mu}{R T_1} \left(1 - \frac{T_1}{T_2} \right) =$$

$$= \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 20 \text{ м}^2 \cdot 2,5 \text{ м} \cdot 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 288 \text{ К}} \times$$

	$\times \left(1 - \frac{288 \text{ K}}{298 \text{ K}} \right) \approx 2 \text{ кг.}$
Найти: Δm	Ответ: $\Delta m \approx 2 \text{ кг.}$
№ 501.	
Дано: $\mu = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль,}$ $V = 0,1 \text{ м}^3, T_1 = 340 \text{ К,}$ $T_2 = 290 \text{ К,}$ $p = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па.}$	Решение. 1) $pV = \frac{m_1}{\mu} RT_1; m_1 = \frac{\mu p V}{RT_1};$ $pV' = \frac{m'}{\mu} RT_2; \rho = \frac{m'}{V'} = \frac{p\mu}{RT_2}; \therefore \frac{m + m_1}{V} \leq \rho$ 2) Найдем то m , при котором $m + m_1 = \rho V; m = \rho V - m_1;$ $m = \frac{\mu p V}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) =$ $= \frac{2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,1 \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} \times$ $\times \left(\frac{1}{290 \text{ К}} - \frac{1}{340 \text{ К}} \right) = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг} = 18 \text{ г.}$ 3) Значит $\Delta m < 18 \text{ г.}$
Найти: m	Ответ: $m = 18 \text{ г.}$
№ 502.	
Дано: $p_1 = 0,2 \text{ МПа,}$ $T_1 = 15^\circ \text{ C} = 288 \text{ К,}$ $V_1 = 5 \text{ л,}$ $p_2 = 0,1 \text{ МПа,}$ $T_2 = 273 \text{ К.}$	Решение. $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2};$ $V_2 = V_1 \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = 5 \text{ л} \cdot \frac{0,2 \text{ МПа}}{0,1 \text{ МПа}} \cdot \frac{273 \text{ К}}{288 \text{ К}} \approx 10 \text{ л.}$
Найти: V_2	Ответ: $V_2 \approx 10 \text{ л.}$
№ 503.	
Дано: $T_1 = 50^\circ \text{ C} = 323 \text{ К,}$ $T_2 = 250^\circ \text{ C} = 523 \text{ К,}$ $V_1 = 0,75 \text{ л, } V_2 = 0,12 \text{ л,}$ $p_1 = 80 \text{ кПа.}$	Решение. $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}; p_2 = p_1 \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} =$ $= 80 \text{ кПа} \cdot \frac{0,75 \text{ л}}{0,12 \text{ л}} \cdot \frac{523 \text{ К}}{323 \text{ К}} \approx 810 \text{ кПа.}$

Найти: p_2

Ответ: $p_2 \approx 810$ кПа.

№ 504.

Дано:

$$V_1 = 1 \text{ м}^3,$$

$$P_1 = 100 \text{ кПа},$$

$$T_1 = 273 \text{ К},$$

$$V_2 = 10 \text{ м}^3,$$

$$P_2 = 110 \text{ кПа},$$

$$T_2 = 7^\circ \text{ С} = 280 \text{ К},$$

$$Q_1 = 36 \text{ МДж}$$

Решение.

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} R T_1; \quad p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} R T_2;$$

$$\frac{T_2 m_2}{T_1 m_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}; \quad m_2 = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1 T_2} m_1.$$

$$\text{Т.к. } Q \sim m, \text{ то } Q_2 = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1 T_2} Q_1$$

$$Q_2 = \frac{110 \text{ кПа} \cdot 10 \text{ м}^3 \cdot 273 \text{ К}}{100 \text{ кПа} \cdot 1 \text{ м}^3 \cdot 280 \text{ К}} 36 \text{ МДж} = 386 \text{ МДж}.$$

Найти: Q_2

Ответ: $Q_2 = 386$ МДж.

№ 505.

Дано:

$$T_1 = 50^\circ \text{ С} = 323 \text{ К},$$

$$V_2 = \frac{1}{17} V_1, \quad P_2 = 50 P_1.$$

Решение.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}; \quad T_2 = T_1 \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 323 \text{ К} \cdot 50 \cdot \frac{1}{17} = 950 \text{ К}.$$

Найти: T_2

Ответ: $T_2 = 950$ К.

№ 506.

Дано:

$$T_2 = 2 T_1,$$

$$\frac{p_2 - p_1}{p_1} = 25\% = \frac{1}{4}.$$

Решение.

$$\frac{p_2 - p_1}{p_1} = \frac{p_2}{p_1} - 1 = \frac{1}{4}; \quad p_2 = \frac{5}{4} p_1 = 1,25 p_1;$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}; \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = 1,25 \cdot 2 = 2,5.$$

Найти: $\frac{V_2}{V_1}.$

Ответ: $\frac{V_2}{V_1} = 2,5.$

№ 507.

Дано:

$$P_{\text{ПП}} = 110,6 \text{ кПа},$$

$$T_1 = 7^\circ \text{ С} = 280 \text{ К},$$

$$P_1 = 108 \text{ кПа},$$

$$T_2 = 37^\circ \text{ С} = 310 \text{ К},$$

$$\alpha = 4\%.$$

Решение. $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$. Т.к. увеличение объема не

должно превышать 4%, можно считать $V_2 \approx V_1$.

$$\text{Тогда } \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}; \quad P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1 = \frac{310 \text{ К}}{280 \text{ К}} \cdot 108 \text{ кПа} \approx 120 \text{ кПа} > P_{\text{КР}}.$$

Значит, опасность разогрева существует. Для ее предотвращения необходимо спустить часть воздуха.

Найти: P_2 .

№ 508.

Дано:

$$V_2 = \frac{1}{2} V_1,$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 120 \text{ кПа},$$

$$\tau = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = 10\% = 0,1$$

Решение.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}; \quad P_2 = P_1 + \Delta P;$$

$$T_2 = \tau T_1 + T_1 = (\tau + 1) T_1;$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{(P_1 + \Delta P) V_1}{2(\tau + 1) T_1}; \quad P_1 = \frac{P_1 + \Delta P}{2(\tau + 1)};$$

$$P_1 = \frac{\Delta P}{(2\tau + 1)} = \frac{120 \text{ кПа}}{2 \cdot 0,1 + 1} = 100 \text{ кПа}.$$

Найти: P_1 .Ответ: $P_1 = 100 \text{ кПа}$ **№ 509.**

Истечение жидкости прекратиться, когда давление в баке сравняется с атмосферным. Для свободного вытекания жидкости необходимо открыть пробку.

№ 510.

Дано:

$$\Delta l_1 = -\frac{1}{3} l,$$

$$\Delta l_2 = \frac{1}{3} l.$$

Решение.

$$1) \quad P_1 S = P_1 (l + \Delta l_1) S; \quad \frac{P_1}{P} = \frac{l}{l + \Delta l_1} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta l_1}{l}} = \frac{1}{1 - \frac{1}{3}} = \frac{3}{2} = 1,5;$$

$$2) \quad P_2 S = P_2 (l + \Delta l_2) S; \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta l_2}{l}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{3}} = \frac{3}{4} = 0,75.$$

Найти: $\frac{P_1}{P}, \frac{P_2}{P}$.Ответ: $\frac{P_1}{P} = 1,5, \quad \frac{P_2}{P} = 0,75$.**№ 511.**

Дано:

$$V_1 = 8 \text{ л},$$

$$V_2 = 5 \text{ л},$$

$$\Delta P = 60 \text{ кПа}.$$

Решение.

$$P V_1 = (P + \Delta P) V_2; \quad P(V_1 - V_2) = \Delta P V_2;$$

$$P = \Delta P \frac{V_2}{V_1 - V_2} = 60 \frac{5}{8 - 5} = 100 \text{ кПа}.$$

Найти: P .Ответ: $P = 100 \text{ кПа}$.**№ 512.**

Дано:

$$P_2 = 1,5 P_1,$$

$$\Delta V = 30 \text{ мл}.$$

Решение.

$$P_1 V = P_2 (V - \Delta V);$$

$$P_1 V = 1,5 P_1 (V - \Delta V); \quad V = 1,5 V - 1,5 \Delta V;$$

$$0,5 V = 1,5 \Delta V; \quad V = 3 \Delta V = 3 \cdot 30 \text{ мл} = 90 \text{ мл}.$$

Найти: V .Ответ: $V = 90 \text{ мл}$.

№ 513.

Дано:

$V = 0,5 \text{ л},$

$V_1 = 0,3 \text{ л},$

$P_0 = 10^5 \text{ Па},$

$P = 80 \text{ кПа} = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}.$

Решение.

$$P_0(V - V_1) = P(V - V_1 + \Delta V);$$

$$(P_0 - P)(V - V_1) = P\Delta V; \Delta V = \frac{P_0 - P}{P}(V - V_1) =$$

$$= \frac{10^5 \text{ Па} - 0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}}{0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}}(0,5 \text{ л} - 0,3 \text{ л}) = 0,05 \text{ л}.$$

Найти: ΔV .Ответ: $\Delta V = 0,05 \text{ л}.$ **№ 514.**Дано: $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3,$

$h = 6 \text{ мм}, V_1 = 10 \text{ м}^3,$

$p_0 = 10^5 \text{ Па}.$

Найти: V_2 .

Решение.

$$(p_0 + \rho gh)V_1 = p_0 V_2;$$

$$V_2 = V_1 \frac{p_0 + \rho gh}{p_0} = V_1 \left(1 + \frac{\rho gh}{p_0} \right) =$$

$$= 10 \text{ мм}^3 \left(1 + \frac{10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 6 \text{ м}}{10^5 \text{ Па}} \right) = 16 \text{ мм}^3.$$

№ 515.

Дано:

$P_0 = 10^5 \text{ Па},$

$\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3,$

$h = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м},$

$V_0 = 5 \text{ мм}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3,$

$V_{\max} = 1 \text{ см}^2.$

Найти: N .

Решение.

$$P_0 V_0 = (P_0 + \rho gh)V; V = V_0 \frac{P_0}{P_0 + \rho gh};$$

$$N = \frac{V_{\max}}{V} = \frac{V_{\max}}{V_0} \frac{P_0 + \rho gh}{P_0} = \frac{V_{\max}}{V_0} \left(1 + \frac{\rho gh}{P_0} \right) =$$

$$= \frac{1 \text{ см}^3}{5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3} \left(1 + \frac{10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5 \text{ м}}{10^5 \text{ Па}} \right) = 210.$$

№ 516.

Дано:

$S = 24 \text{ см}^2 =$

$= 24 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$

$V = 240 \text{ см}^3,$

$P_0 = 100 \text{ кПа},$

$\Delta l_1 = 2 \text{ см},$

$\Delta l_2 = -2 \text{ см}.$

Решение.

$$1) P_0 V = P_1 \left(\frac{V}{S} + \Delta l_1 \right) S; P_0 V = P_1 V + P_1 \Delta l_1 S;$$

$$P_1 = P_0 \frac{V}{V + \Delta l_1 S}; F_1 = (P_0 - P_1) S = P_0 S \frac{\Delta l_1 S}{V + \Delta l_1 S} =$$

$$= 10^5 \text{ Па} \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \frac{2 \text{ см} \cdot 24 \text{ см}^2}{240 \text{ см}^3 + 2 \text{ см} \cdot 24 \text{ см}^2} = 40 \text{ Н}.$$

2) Проводя аналогичные выкладки, полу-

$$\text{чим: } F_2 = P_0 S \frac{\Delta l_2 S}{V + \Delta l_2 S} =$$

$$= 10^5 \text{ Па} \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \frac{-2 \text{ см} \cdot 24 \text{ см}^2}{240 \text{ см}^3 - 2 \text{ см} \cdot 24 \text{ см}^2} = -60 \text{ Н}.$$

Знак минус показывает, что сила F_2 направлена противоположно силе F_1 .

Найти: F_1, F_2 . | Ответ: $F_1 = 40 \text{ Н}, F_2 = -60 \text{ Н}$.

№ 517.

Дано:

V, V_0, P_0, P_{\max}, n

Найти: P, n_1 .

Решение.

1) $P_0 V = \nu RT$; $P_0 V_0 = \nu_0 RT$;

$$\frac{\nu}{\nu_0} = \frac{V}{V_0}; \quad \nu_0 = \frac{V_0}{V} \nu.$$

2) После n качаний давление будет

$$PV = (\nu + n\nu_0)RT; \quad PV = \left(\nu + n \frac{V_0}{V} \nu \right) RT;$$

$$PV = \left(1 + n \frac{V_0}{V} \right) \nu RT; \quad PV = \left(1 + n \frac{V_0}{V} \right) P_0 V;$$

$$P = P_0 \left(1 + n \frac{V_0}{V} \right);$$

3) $P_{\max} = P_0 \left(1 + n_1 \frac{V_0}{V} \right); \quad \frac{P_{\max}}{P_0} - 1 = n_1 \frac{V_0}{V};$

$$n_1 = \frac{V}{V_0} \left(\frac{P_{\max}}{P_0} - 1 \right).$$

№ 518.

Дано:

$$h, P_2 = nP_1.$$

Решение.

$$P_1 S \frac{h}{2} = PS \left(\frac{h}{2} - \Delta h \right);$$

$$P_2 S \frac{h}{2} = PS \left(\frac{h}{2} + \Delta h \right);$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{h}{2} - \Delta h}{\frac{h}{2} + \Delta h} = \frac{h + 2\Delta h}{h - 2\Delta h}; \quad nh - 2n\Delta h = h + 2\Delta h;$$

$$(n-1)h = 2(n+1)\Delta h; \quad \Delta h = h \frac{n-1}{2(n+1)}.$$

Найти: Δh .

Ответ: $\Delta h = h \frac{n-1}{2(n+1)}.$

№ 519.

Дано:

$$h = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м},$$

$$P_0 = 76 \text{ см.рт.ст.} \approx$$

$$\approx 10^5 \text{ Па},$$

$$\rho = 1,36 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3.$$

Решение.

$$1) P_0 S \frac{2}{3} h = PS(h-l); P = \frac{2}{3} P_0 \frac{h}{(h-l)};$$

$$2) P_0 = P + \rho g l; P_0 = \frac{2}{3} P_0 \frac{h}{h-l} + \rho g l;$$

$$3P_0 h - 3P_0 l = 2P_0 h + 2\rho g l h - 3\rho g l^2;$$

$$3\rho g l^2 - 3(P_0 + \rho g h)l + P_0 h = 0;$$

$$l_1 = \frac{3(P_0 + \rho g h) - \sqrt{9P_0^2 + 6P_0\rho g h + 9\rho^2 g^2 h^2}}{6\rho g} =$$

$$= 0,12 \text{ м};$$

$$l_2 = \frac{3(P_0 + \rho g h) + \sqrt{9P_0^2 + 6P_0\rho g h + 9\rho^2 g^2 h^2}}{6\rho g} > h$$

— не подходит, значит,

$$l = l_1 = 0,12 \text{ м}.$$

Найти: l .Ответ: $l = 0,12 \text{ м}$.**№ 520.**

Дано:

$$\rho_0, h, l, x$$

Найти: P .

Решение.

$$1) P_0 = P_1 + \rho g h;$$

$$2) P = P_2 + \rho g(h+x);$$

$$3) P_1 = Sl = P_2 S(l-x); P_2 = P_1 \frac{l}{l-x};$$

$$4) P = P_1 \frac{l}{l-x} - \rho g(h+x); P_0 = \frac{l}{l-x} = P_1 \frac{l}{l-x} - \rho g h \frac{l}{l-x};$$

$$5) P - P_0 \frac{l}{l-x} = \rho g \left(\frac{lh}{l-x} - h - x \right);$$

$$P = P_0 \frac{l}{l-x} + \rho g \frac{lh - (h+x)(l-x)}{l-x};$$

$$P = P_0 \frac{l}{l-x} + \rho g \frac{lh - lh + hx - lx + x^2}{l-x};$$

$$P = P_0 \frac{l}{l-x} + \rho g \frac{-lx}{l-x} + \frac{\rho g x(h+x)}{l-x};$$

$$P = \frac{l}{l-x} (P_0 - \rho g x) + \frac{\rho g x(h+x)}{l-x}.$$

6) Учитывая что P измеряется в мм. рт.ст., перепишем формулу в виде

$$P = \frac{l}{l-x}(\rho_0 - x) + \frac{x(h+x)}{l-x}; \quad P = \frac{l(P_0 - x) + x(h+x)}{l-x}.$$

№ 521.

Дано:

$$\mu = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль},$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па},$$

$$P = 0,17 \text{ МПа} = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

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

Решение.

$$(P + P_0)V = \frac{m}{\mu} RT;$$

$$\rho = \frac{\mu(P + P_0)}{RT} =$$

$$= \frac{2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} (1,7 \cdot 10^5 \text{ Па} + 10^5 \text{ Па})}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 273 \text{ К}} \approx$$

$$\approx 3,45 \text{ кг/м}^3.$$

Найти: ρ .

Ответ: $\rho \approx 3,45 \text{ кг/м}^3$.

№ 522.

Дано:

$$T_2 = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ К},$$

$$T_2 = 77^\circ \text{C} = 350 \text{ К},$$

$$V_1 = 6 \text{ л}.$$

Решение.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = 6 \text{ л} \cdot \frac{350 \text{ К}}{300 \text{ К}} = 7 \text{ л}.$$

Найти: V_2 .

№ 523.

Дано:

$$T_1 = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ К},$$

$$\alpha = 0,2.$$

Решение.

$$1) \quad P_0 V = \frac{m_1}{\mu} RT_1;$$

$$P_0 V = \frac{m_2}{\mu} RT_2; \quad T_1 \rho_1 = T_2 \rho_2;$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{T_1}{T_2};$$

$$2) \quad (1 - \alpha) V \rho_1 = V \rho_2;$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = 1 - \alpha;$$

$$3) \quad \frac{T_1}{T_2} = 1 - \alpha; \quad T_2 = \frac{T_1}{1 - \alpha} = \frac{293 \text{ К}}{1 - 0,2} \approx 366 \text{ К}.$$

Найти: T_2 .

Ответ: $T_2 \approx 336 \text{ К}$.

