

$$p = \frac{p_1 p_2 (N_1 + N_2)}{p_1 N_2 + p_2 N_1}$$

Проверка размерности:

$$[p] = \frac{\text{Па} \cdot \text{Па}}{(\text{Па} + \text{Па})} = \text{Па}$$

8. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №2

Вариант 1

1. Какое количество частиц находится в 16 г наполовину диссоциированного кислорода?
2. По газопроводу течет метан при давлении $p = 2,0 \cdot 10^6 \text{ Па}$ и температуре $t = 17^\circ \text{C}$. За время $\tau = 1 \text{ ч}$ транспортируется $m = 32 \text{ кг}$ газа. Площадь поперечного сечения трубы газопровода $S = 6,0 \text{ см}^2$. Какова скорость u движения газа в трубе?
3. Какова должна быть степень сжатия воздуха, чтобы его температура возросла с 15°C до 700°C . Сжатие считать адиабатным.
4. В процессе изохорного нагревания кислорода объемом $V = 20 \text{ л}$ его давление изменилось на $\Delta p = 100 \text{ кПа}$. Определите количество теплоты, сообщенное газу.
5. К двухатомному газу подводится тепло. Какая доля количества теплоты, подводимого к идеальному газу при изобарном процессе расходуется на увеличение ΔU внутренней энергии газа и какая доля – на работу расширения?
6. Двухатомный газ, содержащий количество вещества $\mu = 1 \text{ моль}$, совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Наименьший объем $V_{\min} = 10 \text{ л}$, наибольший $V_{\max} = 20 \text{ л}$, наименьшее давление $p_{\min} = 246 \text{ кПа}$, наибольшее $p_{\max} = 410 \text{ кПа}$. Построить график цикла. Определить температуру T газа для характерных точек цикла и его термический КПД η .

16

7. Найти приращение энтропии одного моля углекислого газа при увеличении его абсолютной температуры в два раза, если процесс нагревания: а) изохорный; б) изобарный. Газ считать идеальным.
8. При какой температуре 1 моль аргона будет занимать объем 1 м^3 при давлении 30 атм ?

Вариант 2

1. Количество вещества гелия $\mu = 1,5 \text{ моль}$, температура $T = 120 \text{ К}$. Определить кинетическую энергию поступательного движения всех молекул этого газа.
2. В закрытом сосуде при давлении p_0 находится смесь из одного моля кислорода и двух молей водорода. Между ними происходит реакция с образованием водяного пара. Какое давление установится в сосуде после охлаждения до первоначальной температуры? Конденсации пара не происходит.
3. Некоторый газ при нормальных условиях имеет удельный объем $V_{\text{уд}} = 0,7 \text{ м}^3/\text{кг}$. Определите удельные теплоемкости C_V и C_P . Какой это газ?
4. Двухатомный газ количеством $\mu = 2 \text{ моль}$ нагревают при постоянном объеме до температуры 289 К . Определите количество теплоты, которое необходимо сообщить газу, чтобы увеличить его давление в 3 раза.
5. При адиабатном расширении кислорода с начальной температурой $T_1 = 320 \text{ К}$ внутренняя энергия уменьшилась на $\Delta U = 8,4 \text{ кДж}$, а его объем увеличился в 5 раз. Определите массу m кислорода.
6. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_2 холодильника равна 290 К . Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от $T_1 = 400 \text{ К}$ до $T_1 = 600 \text{ К}$?
7. Во сколько раз следует изотермически увеличить объем четырех молей идеального газа, чтобы его энтропия испытала приращение $\Delta S = 23 \text{ Дж/К}$?
8. Для определения констант Ван-дер-Ваальса a и b было измерено давление 100 г кислорода при двух температурах: при $T_1 = 300 \text{ К}$

17

давление $p_1 = 7,27 \cdot 10^6 \text{ Па}$, при $T_2 = 350 \text{ К}$ давление $p_2 = 8,72 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Объем газа равен 1000 см^3 . Вычислить a и b .

Вариант 3

1. В сосуде вместимостью 1 л находится кислород массой 1 г. Определите концентрацию молекул кислорода в сосуде.
2. Баллон вместимостью $V = 20 \text{ л}$ содержит смесь водорода и азота при температуре 290 К и давлении 1 МПа. Определите массу водорода, если масса смеси равна 150 г.
3. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объем $V = 5 \text{ л}$. Вычислите молярную теплоемкость этого газа при постоянном объеме.
4. Смесь азота массой $m_1 = 56 \text{ г}$ и кислорода массой $m_2 = 64 \text{ г}$ охлаждают на 20°C в закрытом сосуде. Определите изменение внутренней энергии этой смеси.
5. Идеальный газ расширяется по закону $p = \alpha V$, где α – постоянный коэффициент. Найдите работу, произведенную газом, и изменение его внутренней энергии при увеличении объема газа от V_1 до V_2 .
6. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_1 нагревателя в три раза выше температуры T_2 холодильника. Нагреватель передал газу количество теплоты $Q_1 = 42 \text{ кДж}$. Какую работу A совершил газ?
7. Два моля идеального газа сначала изохорически охладил, а затем изобарически расширил так, что температура газа стала равна первоначальной. Найти приращение энтропии газа, если его давление в данном процессе изменилось в 3,3 раза.
8. Для некоторого газа поправка в уравнении Ван-дер-Ваальса $a = 0,453 \text{ Нм}^4/\text{моль}^2$, а критическая температура $T_{\text{кр}} = 282,7 \text{ К}$. Определить эффективный диаметр молекулы газа.

Вариант 4

1. В сосуде вместимостью 5 л при нормальных условиях находится азот. Определите: 1) количество вещества – μ ; 2) массу азота – m ; 3) концентрацию n его молекул в сосуде.

18

2. В баллоне вместимостью 15 л находится азот под давлением 100 кПа при температуре $t_1 = 27^\circ \text{C}$. После того как из баллона выпустили азот массой 14 г, температура газа стала равной $t_2 = 17^\circ \text{C}$. Определите давление азота, оставшегося в баллоне.
3. Относительная масса газа $M_r = 30$, показатель адиабаты $\gamma = 1,4$. Вычислите удельные теплоемкости C_V и C_P этого газа.
4. Какое количество тепла надо сообщить азоту при изобарическом нагревании, чтобы газ совершил работу $A = 2 \text{ Дж}$?
5. Для нагревания $m = 2 \text{ кг}$ неизвестного газа на $\Delta T = 5 \text{ К}$ при постоянном давлении требуется количество теплоты $Q_1 = 9,1 \text{ кДж}$, а для нагревания при постоянном объеме требуется $Q_2 = 6,5 \text{ кДж}$. Какой это может быть газ?
6. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_1 нагревателя равна 470 К , температура T_2 холодильника равна 280 К . При изотермическом расширении газ совершает работу 100 Дж. Определить термический КПД η цикла, а также количество теплоты Q_2 , которое газ отдает холодильнику при изотермическом сжатии.
7. Гелий массы $m = 1,7 \text{ г}$ адиабатически расширили в 3,0 раза и затем изобарически сжали до первоначального объема. Найти приращение энтропии в этом процессе.
8. В баллоне вместимостью 10 л находится азот массой $m = 0,25 \text{ кг}$. Определить внутреннее давление p газа и собственный объем V молекул.

Вариант 5

1. Средняя квадратичная скорость некоторого газа при нормальных условиях равна 480 м/с . Сколько молекул содержит 1 г этого газа?
2. Два баллона с объемами V_1 и V_2 соединены трубкой с краном. Они содержат газы при одинаковой температуре T и давлениях p_1 и p_2 соответственно. Какое давление p установится в баллонах, если открыть кран? Температура не изменяется, газы в химическую реакцию не вступают.
3. При адиабатном сжатии газа его объем уменьшился в 10 раз, а давление увеличилось в 21,4 раза. Определить отношение C_P/C_V теплоемкостей газов.

19

4. Один моль идеального газа изобарически нагрели на $\Delta T = 72$ К, сообщив ему количество тепла $Q = 1,6$ кДж. Найти приращение его внутренней энергии и величину $\gamma = C_p/C_v$.
5. Найти изменение внутренней энергии, совершаемую работу и количество теплоты, поглощаемой водородом массой $m = 0,2$ кг, при нагревании его от температуры $t_1 = 0^\circ\text{C}$ до $t_2 = 100^\circ\text{C}$ при постоянном давлении.
6. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_1 нагревателя в четыре раза выше температуры T_2 холодильника. Какую долю количества теплоты, получаемого за один цикл от нагревателя, газ отдает холодильнику?
7. Один моль идеального газа с показателем адиабаты γ совершает политропический процесс, в результате которого абсолютная температура газа увеличилась в τ раз. Показатель политропы n . Найти приращение энтропии в данном процессе.
8. В очень прочном закрытом стальном баллоне заключена вода, занимающая при комнатной температуре половину объема баллона. Найти давление и плотность водяных паров при повышении температуры до $t = 400^\circ\text{C}$.

Вариант 6

1. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше их наиболее вероятной скорости на 100 м/с.
2. При температуре $t = 35^\circ\text{C}$ и давлении $p = 708$ кПа плотность некоторого газа $\rho = 12,2$ кг/м³. Определить относительную молекулярную массу M газа.
3. Газ расширяется адиабатически, причем объем его увеличивается вдвое, а термодинамическая температура падает в $1,32$ раза. Какое число степеней свободы i имеют молекулы этого газа?
4. Водород при нормальных условиях имеет объем $V_1 = 100$ м³. Найти изменение ΔU внутренней энергии газа при его адиабатном расширении до объема $V_2 = 150$ м³.
5. При адиабатном сжатии кислорода массой 1 кг совершена работа $A = 100$ кДж. Определить конечную температуру T_2 газа, если до сжатия кислород находится при температуре $T_1 = 300$ К.

20

6. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, получив от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 4,2$ кДж, совершил работу $A = 590$ Дж. Найти термический КПД η этого цикла. Во сколько раз температура T_1 нагревателя больше температуры T_2 холодильника?
7. Вычислить изменение энтропии одного моля идеального одноатомного газа и количество поглощенного тепла при расширении газа по политропе $pV^n = \text{const}$ от объема $V_1 = 1$ л и давления $p_1 = 20$ атм до объема $V_2 = 3$ л.
8. Определить давление одного моля кислорода, если он занимает объем $V = 0,5$ л при температуре $T = 300$ К.

Вариант 7

1. Во сколько раз средняя квадратичная скорость пылинки, взвешенной в воздухе, меньше средней квадратичной скорости молекул воздуха? Масса пылинки 10^{-8} г. Масса одного киломоля воздуха равна 29 кг.
2. Нагревается или охлаждается газ, расширяющийся по закону: а) $pV^2 = \text{const}$; б) $p = \text{const}$; в) $p/V = \text{const}$?
3. Определить удельную теплоемкость C_v смеси газов, содержащей $V_1 = 6$ л водорода и $V_2 = 2$ л гелия. Газы находятся при одинаковых условиях.
4. Горючая смесь в двигателе дизеля воспламеняется при температуре $T_2 = 1100$ К. Начальная температура смеси $T_1 = 350$ К. Во сколько раз нужно уменьшить объем смеси при адиабатическом сжатии, чтобы она воспламенилась. Показатель адиабаты $\gamma = 1,4$.
5. В цилиндрическом сосуде диаметром 28 см находится 20 г азота, сжатого поршнем, на котором лежит груз массой 75 кг. Температура газа 17°C . Какую работу совершит газ, если его нагреть до 250°C ? На сколько поднимется груз? Процесс считать изобарным, нагреванием сосуда и внешним давлением пренебречь.
6. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа A_1 изотермического расширения газа равна 5 Дж. Определить работу A_2 изотермического сжатия, если термический КПД η цикла равен $0,2$.
7. Найти изменение энтропии ΔS 5 г водорода, изотермически расширившегося от объема 10 л до объема 25 л.

21

8. Давление p кислорода равно 7 МПа, его плотность $\rho = 100$ кг/м³. Найти температуру T кислорода.

Вариант 8

1. Найти отношение средних квадратичных скоростей молекул гелия и азота при одинаковых температурах.
2. В сосуде вместимостью $V = 0,5$ л при температуре $T = 300$ К находится идеальный газ. Насколько изменится давление газа в сосуде, если из него из-за утечки выйдет $N = 5 \cdot 10^{19}$ молекул?
3. Найти показатель адиабаты γ смеси аргона и азота взятых при одинаковых условиях в одинаковых объемах.
4. При адиабатном расширении кислорода с начальной температурой $T_1 = 320$ К внутренняя энергия уменьшилась на $\Delta U = 8,4$ кДж, а его объем увеличился в 10 раз. Определить массу кислорода.
5. Водяной пар расширяется при постоянном давлении. Определить работу A расширения, если пару передано количество теплоты $Q = 4$ кДж.
6. Наименьший объем V_1 газа, совершающего цикл Карно, равен 153 л. Определить наибольший объем V_2 (в конце адиабатного расширения), если объем V_3 в конце изотермического расширения и объем V_4 в конце изотермического сжатия равны соответственно 600 и 189 л.
7. В двух сосудах одного и того же объема находятся различные идеальные газы. Масса газа в первом сосуде m_1 , во втором - m_2 , давления газов и температуры их одинаковы. Сосуды соединили друг с другом и начался процесс диффузии. Определить суммарное изменение ΔS энтропии рассматриваемой системы, если относительная молекулярная масса первого газа M_{r1} , а второго M_{r2} .
8. Кислород ($\mu = 10$ моль) находится в сосуде объемом $V = 5$ л. Определите: 1) внутреннее давление газа; 2) собственный объем молекул

22

Вариант 9

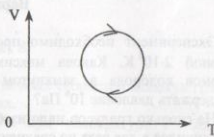
1. Эксперимент необходимо провести при температуре водорода равной $2 \cdot 10^3$ К. Какова максимально допустимая концентрация атомов водорода в замкнутом сосуде, если его стенки могут выдержать давление 10^6 Па?
2. На сколько градусов надо изобарно нагреть газ, чтобы его объем увеличился в два раза по сравнению с объемом при 0°C ?
3. Определить показатель адиабаты частично диссоциированного газобразного азота, степень диссоциации которого равна $0,5$.
4. Воздух находится при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$. До какой температуры t_2 охладится воздух, если он адиабатически расширится от объема V_1 до $V_2 = 2V_1$?
5. Азот массой $m = 200$ г расширяется изотермически при температуре $T = 280$ К, причем объем газа увеличивается в 2 раза. Найти: 1) работу расширения и изменения внутренней энергии газа.
6. Двухатомный газ совершает цикл Карно. Объемы газа в конце изотермического расширения и адиабатного расширения равны соответственно $V_1 = 12$ л и $V_2 = 16$ л. Найти термический КПД η цикла.
7. Два баллона с объемами $V = 1$ л каждый соединены трубкой с краном. В одном из них находится водород при давлении $p_1 = 1$ атм и температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$, а в другом - гелий при давлении $p_2 = 3$ атм и температуре $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Найти изменение энтропии системы ΔS после открытия крана и достижения равновесного состояния. Стенки баллона и трубки обеспечивают полную теплоизоляцию газов от окружающей среды.
8. Углекислый газ массой $2,2$ кг находится при температуре 290 К в сосуде вместимостью 30 л. Определите давление газа, если: 1) газ реальный; 2) газ идеальный.

Вариант 10

1. Сколько молекул воздуха выходит из аудитории объемом V_0 при повышении температуры от T_1 до T_2 ? Атмосферное давление равно p_0 .

23

2. Как меняется давление идеального газа в ходе процесса, график которого изображен на рисунке? Укажите точки на графике, соответствующие минимальному и максимальному давлению.



3. Количество вещества

кислорода $\mu_1 = 2$ моля, а количество вещества азота $\mu_2 = 4$ моля. Определить удельную теплоемкость смеси.

4. В закрытом сосуде находится смесь газов из 20 г азота и 32 г кислорода. Найти изменение внутренней энергии ΔU смеси при ее охлаждении на $\Delta T = 28$ К.

5. Азот, занимавший объем $V_1 = 10$ л под давлением $p_1 = 0,2$ МПа, изотермически расширяется до объема $V_2 = 28$ л. Определить работу расширения газа и количество теплоты Q , полученное газом.

6. Водород совершает цикл Карно. Найти КПД цикла, если при адиабатном расширении: а) объем газа увеличивается в $m = 2$ раза; б) давление уменьшается в $n = 2$ раза.

7. Найти изменение энтропии ΔS 30 г льда при превращении его в пар, если начальная температура льда -40°C , а температура пара 100°C . Теплоемкости воды и пара считать постоянными, а все процессы – происходящими при атмосферном давлении. Удельная теплоемкость льда $c = 2,1$ кДж/(кг·°C).

8. Плотность азота $\rho = 140$ кг/м³, его давление $p = 10$ МПа. Определите температуру газа, если 1) газ реальный; 2) газ идеальный.

9. СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Физическая величина	Численное значение
Авогадро постоянная	$N_A = 6,022169(40) \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Атмосфера стандартная (давление атмосферное нормальное)	1 атм = $1,01325 \cdot 10^5$ Па (точно).
Атомная единица массы	1 а.е.м. = $1,66053(11) \cdot 10^{-27}$ кг.
Больцмана постоянная	$k = R/N_A = 1,380658(12) \cdot 10^{-23}$ Дж·К ⁻¹ .
Объем моля идеального газа при нормальных условиях ($P = 1$ атм, $T = 273,15$ К)	$V_0 = 22,41410(19) \cdot 10^{-3}$ м ³ .
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31441(26)$ Дж·К ⁻¹ ·моль ⁻¹ .

Таблица 2

МНОЖИТЕЛИ, ПРИСТАВКИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕСЯТИЧНЫХ, КРАТНЫХ ЕДИНИЦ

Множитель	Приставка		Пример
	Наименование	Обозначение	
10^{12}	Тера	Т	Терагерц - ТГц
10^9	Гига	Г	Гигаом - ГОм
10^6	Мега	М	Мегаджоуль - МДж
10^3	Кило	к	Килограмм - кг
10^2	Деци	д	Дециметр - дм
10^{-1}	Санτι	с	Сантиметр - см
10^{-2}	Милли	м	Милливольт - мВ
10^{-3}	Микро	мк	Микроампер - мкА
10^{-6}	Нано	н	Нанокюлон - нКл
10^{-9}	Пико	п	Пикофарада - пФ

Таблица 3

ЧИСЛО СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

Вещество	Тип движения			Всего
	1	2	3	
Одноатомный газ	3	-	-	3
Двуатомный газ	3	2	-	5
Трехатомный газ	3	3	-	6
Твердое тело	-	-	6	6
Жидкость	не определено			