



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Физика»

Практикум
по дисциплине
«Физика»

«ТЕПЛОЁМКОСТЬ ГАЗОВ»

Лабораторная работа № 24а

Авторы
Бугаян И.А.,
Кривошеев Н.В.

Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

«Практикум» содержит краткую теорию по теме «Теплоемкость идеального газа», описание рабочей установки, методику эксперимента по измерению теплоемкостей воздуха при постоянном объеме и постоянном давлении, контрольные вопросы для самоподготовки и тестовые задания.

«Практикум» предназначен для обучающихся высших технических учебных заведений, изучающих дисциплину «Физика» для выполнения лабораторной работы по программе курса «Физика».

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Физика»
Бугаян И.А.

к.ф.-м.н., профессор кафедры «Физика»
Кривошеев Н.В.



Оглавление

Лабораторная работа № 24а Теплоемкость газов.....	4
Краткая теория	4
Краткая теория эксперимента.....	6
Порядок выполнения работы.....	12
Обработка результатов измерений	14
Контрольные вопросы и тесты.....	20
Указания по технике безопасности	23
Рекомендуемая литература.....	23

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 24а

Теплоемкость газов

Цель работы: экспериментальное определение молярной теплоёмкости воздуха при постоянном объёме C_V и при постоянном давлении C_p .

Приборы и принадлежности: лабораторная установка для измерения теплоемкости воздуха PHYWE P2 3.2.02-01.

Краткая теория

Молярной теплоёмкостью C вещества называется величина, равная количеству теплоты, которое нужно сообщить одному молю вещества, чтобы повысить его температуру на один кельвин.

Согласно первому закону термодинамики количество теплоты (δQ) переданное системе, идёт на приращение внутренней энергии (dU) системы и на совершение системой работы (δA) против внешних сил. Для газа, объём которого (V) изменяется при постоянном давлении (p) работа $\delta A = pdV$ и уравнение первого закона термодинамики принимает вид:

$$\delta Q = dU + pdV . \quad (1)$$

В этом выражении dU является полным дифференциалом. Внутренняя энергия представляет собой функцию состояния системы. Её приращение при переходе системы из одного состояния в другое не зависит от пути, по которому совершается переход, то есть:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \int_1^2 dU$$

и равно разности значений функции U в состояниях 2 и 1. В выражении (1) для Q и A применены обозначения δQ и δA , так как эти величины не являются полными дифференциалами, то

есть интегралы $\int_1^2 \delta A = A_{1,2}$ и $\int_1^2 \delta Q = Q_{1,2}$ являются функциями процесса и не могут быть представлены в виде $(A_2 - A_1)$ и $(Q_2 - Q_1)$

Молярную теплоёмкость C можно записать как:

$$C = \frac{1}{\nu} \frac{dQ}{dT}, \quad (2)$$

где m – масса газа, μ – молярная масса газа, $\nu = \frac{m}{\mu}$ – число молей газа.

В зависимости от условий, при которых происходит нагревание вещества, различают молярную теплоёмкость при постоянном объёме C_V и при постоянном давлении C_p . Из (1) и (2) при изохорическом процессе ($V = const$) получаем:

$$C_V = \frac{1}{\nu} \frac{dU}{dT}. \quad (3)$$

При изобарическом процессе ($p = const$) теплоёмкость определяется как:

$$C_p = \frac{1}{\nu} \left(\frac{dU}{dT} + p \frac{dV}{dT} \right). \quad (4)$$

Используя уравнение состояния для идеального газа:

$$pV = \nu RT, \quad (5)$$

можно получить соотношение Майера для теплоемкостей идеального газа:

$$C_p = C_V + R, \quad (6)$$

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

Внутренняя энергия в (3) для идеального газа может быть представлена как:

Физика

$$U = \nu \frac{i}{2} k N_A T, \quad (7)$$

где k – постоянная Больцмана, N_A – число Авогадро, i – число степеней свободы молекулы.

Так как

$$R = k N_A, \quad (8)$$

то можно получить:

$$C_V = \frac{i}{2} R. \quad (9)$$

С учётом выражения (6), получим:

$$C_p = \left(\frac{i+2}{2} \right) R. \quad (10)$$

Воздух состоит, в основном, из азота и кислорода (приблизительно 80% и 20% соответственно). В качестве первого приближения, можно принять для воздуха $i = 5$ и тогда:

$$C_V = 2,5R = 20,8 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}; \quad C_p = 3,5R = 21,9 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}. \quad (11)$$

Краткая теория эксперимента

Экспериментальная установка для измерения C_V и C_p показана на рис.1.а и рис.1.б соответственно. Тепло сообщается газу, находящемуся в стеклянном сосуде (1), электрическим нагревателем (2), включаемым на короткое время. Увеличение температуры газа при изохорических условиях приводит к росту давления, которое измеряется манометром (3). При изобарическом процессе увеличение температуры приводит к увеличению объёма газа, которое определяется с помощью газового шприца (4) с поршнем. Молярная теплоёмкость C_V и C_p вычисляется по изменению давления и объёма, соответственно. Отверстие в нижней части сосуда на рис 1.а и 1.б закрыто резиновой пробкой (5), через которую проходят электроды нагревателя (6) и одноходовой кран. Провода (7) соединяют нагреватель с источником питания на выходе

измерительного прибора (8), который определяет время нагрева газа (четыре значащие цифры).

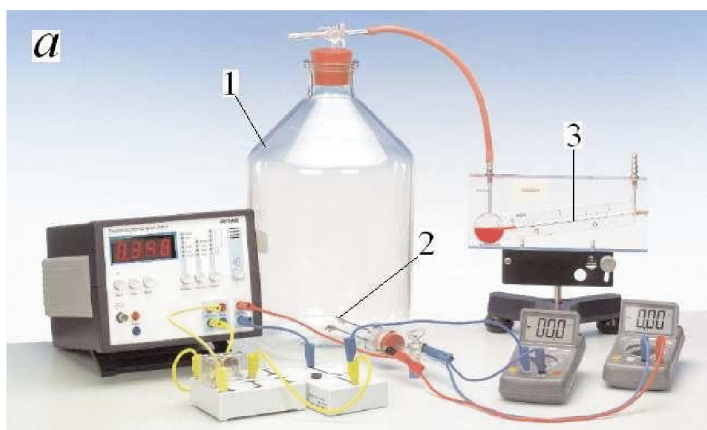


Рис. 1.а

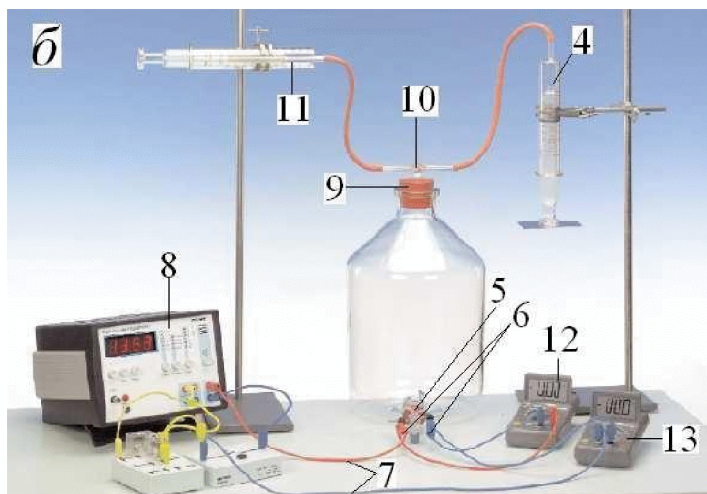


Рис. 1. б

а – установка для измерения C_V ; *б* – установка для измерения C_p .

1 – стеклянный сосуд; 2 – электрический нагреватель;
3 – манометр; 4 – вертикальный газовый шприц с поршнем;

- 5 – резиновая пробка; 6 – электроды нагревателя; 7 – провода;
 8 – измерительный прибор; 9 – резиновая пробка;
 10 – трёхходовой кран; 11 – горизонтальный газовый шприц;
 12 – цифровой вольтметр; 13 – цифровой амперметр.

В горловину сосуда вставлена резиновая пробка (9) с трёхходовым краном (10). Дополнительный газовый шприц (11) используется при повторных измерениях C_p . Для измерения давления окружающей среды к установке прилагается стандартный цифровой барометр (на рисунке не показан). Напряжение и ток через нагреватель определяются цифровым вольтметром (12) и цифровым амперметром (13).

Электрическая схема включения измерительного прибора, вольтметра, амперметра и нагревателя показана на рис. 2.

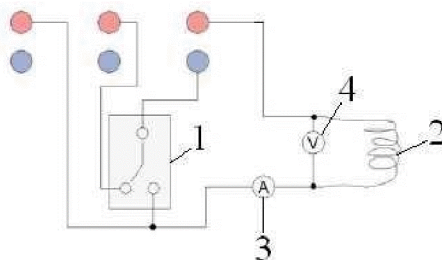


Рис. 2. Электрическая схема включения измерительного прибора (1), нагревателя (2), амперметра (3) и вольтметра (4).

При определении C_p по формуле (15) используется давление p немного отличающееся от атмосферного давления p_a с учётом поправки на используемую методику измерений $p_n = 14,8$ гПа: $p = p_a - p_n$ (см.(16)). Здесь $p_n = 14,8$ гПа – это давление поршня в газовом шприце (4) на рис. 1.б. Поправка давления из-за поршня вычисляется как: $p_n = \frac{m_n g}{S_n}$. Здесь масса

поршня $m_n = 0,1139$ кг, $g = 9,81$ м/с², площадь поршня $S_n = 7,55 \cdot 10^{-4}$ м².

При определении C_V по формуле (24) используется постоянная методики α , которая вычисляется следующим способом. Индикаторная трубка в манометре (3) на рис. 1.а имеет радиус $r = 2$ мм. Её длина изменяется на 1 см при изменении давления на величину $\Delta p = 0,147$ гПа. Поэтому соответствующее изменение объёма можно записать как:

$$\Delta V = \alpha \cdot \Delta p, \text{ где } \alpha = \pi r^2 \cdot \frac{1 \text{ см}}{0,14 \text{ гПа}} = 0,855 \frac{\text{см}^3}{\text{гПа}}.$$

Таблица 1.

Технические данные приборов.

№ п/п	Название прибора	Пределы измерений	Число делений	Цена деления	Класс точности	Абсолютная приборная погрешность
1	Измерительный прибор					
2	Манометр					
3	Газовый шприц					
4	Цифровой барометр					
5	Цифровой вольтметр					
6	Цифровой амперметр					

Определение теплоемкости воздуха при постоянном давлении (C_p)

Энергия δQ сообщается газу в данной работе электрическим нагревателем:

$$\delta Q = U \cdot I \cdot \Delta t , \quad (12)$$

где U – напряжение на нагревателе, I – ток через нагреватель, Δt – время протекания тока через нагреватель. При ($p = const$) увеличение температуры газа ΔT приводит к увеличению объёма ΔV . Из уравнения состояния идеального газа следует, что:

$$\Delta V = \frac{\nu R}{p} \Delta T = \frac{V}{T} \Delta T . \quad (13)$$

Учитывая формулы (2), а также (12) и (13), получим:

$$C_p = \frac{1}{\nu} \frac{U \cdot I \cdot \Delta t \cdot V}{\Delta V \cdot T} . \quad (14)$$

Подставив в (14) число молей ν из уравнения (5): $\nu = \frac{pV}{RT}$,

получим:

$$C_p = R \cdot \frac{U \cdot I}{p} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta V} . \quad (15)$$

Здесь давление p немного отличается от атмосферного давления p_a . С учётом поправки используемой методики измерений $p_n = 14,8$ гПа (см. в описании установки):

$$p = p_a - p_n . \quad (16)$$

Определение теплоемкости воздуха при постоянном объеме (C_V)

При изохорном процессе увеличение температуры ΔT приводит к увеличению давления Δp :

$$\Delta p = \frac{\nu R}{V} \Delta T = \frac{p}{T} \Delta T . \quad (17)$$

Подставляя ΔT в (3) и учитывая (12), получим:

$$C_V = \frac{1}{\nu} \frac{U \cdot I \cdot \Delta t \cdot p}{\Delta p \cdot T} . \quad (18)$$

Подставив в (18) число молей ν из уравнения (5): $\nu = \frac{pV}{RT}$, получим:

$$C_V = R \frac{U \cdot I \cdot \Delta t}{V \cdot \Delta p} . \quad (19)$$

Измерения давления в используемом ниже методе приводят к небольшому изменению объёма, которое должно быть на практике учтено в вычислениях:

$$\Delta T = \frac{p}{\nu R} \Delta V + \frac{V}{\nu R} \Delta p = \frac{T}{pV} (p \Delta V + V \Delta p) . \quad (20)$$

Из уравнений (3) и (1) следует, что:

$$C_V = \frac{1}{\nu} \frac{\delta Q - p \Delta V}{\Delta T} . \quad (21)$$

Подставив в это уравнение (20) и (12), получаем:

$$C_V = \frac{pV}{\nu T} \frac{U \cdot I \cdot \Delta t - p \Delta V}{p \Delta V + V \Delta p} . \quad (22)$$

В данной работе принимается:

$$\Delta V = \alpha \cdot \Delta p , \quad (23)$$

где $\alpha = 0,855 \frac{\text{см}^3}{\text{гПа}}$ – постоянная методики (см. в описании установки). Подставив в (22) $\Delta V = \alpha \cdot \Delta p$ и число молей ν из уравнения (5): $\nu = \frac{pV}{RT}$, получим:

$$C_V = R \left(\frac{U \cdot I \cdot \Delta t - pV}{(a\Delta p + V)\Delta p} - \frac{a\Delta p}{a\Delta p + V} \right). \quad (24)$$

Здесь p – атмосферное давление (без поправки, в отличие от формулы (15)).

Порядок выполнения работы

При выполнении работы необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, установленные на рабочем месте в лаборатории. Работу следует делать в строгом соответствии с нижеизложенным порядком выполнения и в объёме, предусмотренном в индивидуальном задании. Каждый раз перед началом измерений необходимо убедиться в отсутствии опасности короткого замыкания и надёжной электрической изоляции электрических контактов.

Измерение молярной теплоемкости воздуха при постоянном объеме (C_V)

1. Подсоедините манометр (3) к трёхходовому крану (10) с помощью резиновой трубки (рис. 1.а). Манометр должен быть расположен горизонтально.
2. Подсоедините провода для измерения тока и напряжения к измерительному прибору, амперметру и вольтметру по схеме на рис. 2 .
3. Поверните трёхходовой кран (10) в позицию, при которой сосуд соединён с манометром, но они перекрыты от окружающей атмосферы.
4. Измерение начинается при нажатии кнопки включения тока через нагреватель. Время измерения Δt должно быть не более 1 секунды. Запишите в таблицу 2 значение тока и напряжения. Сразу же после выключения тока через

нагреватель определите увеличение давления Δp на манометре. Время нагрева Δt , показываемое измерительным прибором, и увеличение давления Δp запишите в таблицу 2.

- Проведите 10 таких опытов. После каждого из 10 измерений проводите выравнивание давления в сосуде и манометре с давлением окружающей атмосферы, открывая трёхходовой кран для атмосферы. Ток нагрева надо выбирать таким ($\approx 0,5$ А), чтобы за время нагрева давление в сосуде увеличилось не более чем 1 гПа.

Таблица 2. Измерения C_V .

№ п/п	$(\Delta t)_i$, с	$(\Delta p)_i$, гПа	U , В	I , А	p , гПа (атмосферное)
1					
2					
...					

Измерение молярной теплоемкости воздуха при постоянном давлении (C_p)

- Замените манометр (3) двумя газовыми шприцами (4, 11), которые подсоединяются к сосуду через трёхходовой кран (10), как показано на рис. 1.б.
- Поверните трёхходовой кран (10) в позицию, при которой сосуд сообщается только с вертикальным газовым шприцем.
- Подсоедините провода для измерения тока и напряжения к измерительному прибору, амперметру и вольтметру по схеме на рис. 2.
- До включения тока через нагреватель слегка вращайте рукой поршень вертикального шприца для уменьшения трения между поршнем и стенками шприца.
- Продолжая вращать рукой поршень, начните измерение нажатием кнопки включения тока через нагреватель. Время

измерения Δt должно быть не более 1 секунды. Запишите в таблицу 3 значение тока и напряжения. Сразу же после выключения тока через нагреватель определите увеличение объёма ΔV по смещению поршня в вертикальном газовом шприце. Время нагрева Δt , показываемое измерительным прибором, и увеличение объёма ΔV запишите в таблицу 3. Дополнительно запишите в таблицу 3 атмосферное давление по показаниям цифрового манометра.

6. Проведите 10 таких опытов. После каждого измерения удаляйте воздух из системы до тех пор, пока вертикальный шприц не покажет исходный объём. Для этого поверните трёхходовой кран (10) в положение, при котором оба шприца и сосуд соединены друг с другом.

Таблица 3. Измерения C_p .

№ п/п	$(\Delta t)_i$, с	$(\Delta V)_i$, гПа	U , В	I , А	p_{at} , гПа (атмосферное)
1					
2					
...					

Обработка результатов измерений

Данные для C_V

1. По результатам таблицы 2 прямых измерений изменений давления $(\Delta p)_i$ при нагреве найдите их среднее значение $\langle (\Delta p)_i \rangle$, ошибки отдельных измерений $\Delta(\Delta p)_i$ и среднеквадратичную ошибку $\Delta_{\Delta p}$ по формулам:

$$\langle (\Delta p)_i \rangle = \frac{\sum_{i=1}^f (\Delta p)_i}{f}, \quad \Delta(\Delta p)_i = \langle (\Delta p)_i \rangle - (\Delta p)_i,$$

$$\Delta_{\Delta p} = \sqrt{\sum_{i=1}^f \frac{(\Delta(\Delta p)_i)^2}{f(f-1)}},$$

где f – число опытов по измерению $(\Delta p)_i$.

Полная абсолютная ошибка изменения давления $\Delta(\Delta p)$ определяется как:

$$\Delta(\Delta p) = \Delta_{\Delta p} + \Delta_{\text{пр}},$$

где $\Delta_{\text{пр}}$ – приборная ошибка манометра.

Полученное значение $\Delta(\Delta p)$ округлите до одной значащей цифры. Округлите значения $(\Delta p)_i$, $\langle(\Delta p)_i\rangle$ с точностью до ошибки (три значащие цифры). Найдите относительную ошибку $\delta_{\Delta p}$ измерений изменения давления при нагревах по формуле:

$$\delta_{\Delta p} = \frac{\Delta(\Delta p)}{\langle(\Delta p)_i\rangle} \cdot 100\%.$$

Результаты вычислений $(\Delta p)_i$, $\langle(\Delta p)_i\rangle$, $\Delta(\Delta p)_i$, $\Delta_{\Delta p}$, $\Delta(\Delta p)$ и $\delta_{\Delta p}$ запишите в таблицу 4.

Таблица 4. Оценка ошибок измерений изменения давления при нагревах.

№ п/п	$(\Delta p)_i$, гПа	$\langle(\Delta p)_i\rangle$, гПа	$\Delta(\Delta p)_i$, гПа	$\Delta_{\Delta p}$, гПа	$\Delta(\Delta p)$, гПа	$\delta_{\Delta p}$, %
1						
2						
...						

2. По результатам измерений в таблице 2 рассчитайте величины $(C_V)_i$, по формуле (24), где ёмкость сосуда $V = 10$ литров, p – атмосферное давление во время опыта.

3. Вычислите среднее значение $\langle C_V \rangle$:

Физика

$$\langle C_V \rangle = \frac{\sum_{i=1}^f (C_V)_i}{f},$$

где f – число опытов по измерению C_V .

Результаты вычислений $(C_V)_i$ и $\langle C_V \rangle$ запишите в таблицу 5.

4. Ошибка определения C_V определяется по правилам косвенных измерений. Следовательно, относительная ошибка δC_V определяется с учётом (19) по формуле:

$$\delta C_V = \frac{\Delta C_V}{C_V} \approx \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta(\Delta p)}{\Delta p}.$$

Здесь ΔV – ошибка в определении объёма стеклянного сосуда, для которого $V = 10$ л.

Абсолютная ошибка ΔC_V вычисляется как:

$$\Delta C_V = \delta C_V \cdot \langle C_V \rangle.$$

Полученное значение ΔC_V округлите до одной значащей цифры. Результаты ΔC_V и δC_V (переведите δC_V в проценты) запишите в таблицу 5.

Таблица 5. Оценка ошибок измерения C_V

№ п/п	$(C_V)_i$, $\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$	$\langle C_V \rangle$, $\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$	δC_V , %	ΔC_V , $\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$
1				
2				
...				

Данные для C_p

1. По результатам таблиц 3 прямых измерений изменений объёма $(\Delta V)_i$ при нагреве найдите их среднее значение $\langle(\Delta V)_i\rangle$, ошибки отдельных измерений $\Delta(\Delta V)_i$ и среднеквадратичную ошибку $\Delta_{\Delta V}$ по формулам:

$$\langle(\Delta V)_i\rangle = \frac{\sum_{i=1}^f (\Delta V)_i}{f}, \quad \Delta(\Delta V)_i = \langle(\Delta V)_i\rangle - (\Delta V)_i,$$

$$\Delta_{\Delta V} = \sqrt{\sum_{i=1}^f \frac{(\Delta(\Delta V)_i)^2}{f(f-1)}},$$

где f – число опытов по измерению $(\Delta V)_i$.

Полная абсолютная ошибка изменения объёма $\Delta(\Delta V)$ определяется как:

$$\Delta(\Delta V) = \Delta_{\Delta V} + \Delta_{\text{пр}},$$

где $\Delta_{\text{пр}}$ – приборная ошибка газового шприца.

Полученное значение $\Delta(\Delta V)$ округлите до одной значащей цифры. Округлите значения $(\Delta V)_i$, $\langle(\Delta V)_i\rangle$ с точностью до ошибки (три значащие цифры). Найдите относительную ошибку $\delta_{\Delta V}$ измерений изменения объёма при нагревах по формуле:

$$\delta_{\Delta V} = \frac{\Delta(\Delta V)}{\langle(\Delta V)_i\rangle} \cdot 100\%.$$

Результаты вычислений $(\Delta V)_i$, $\langle(\Delta V)_i\rangle$, $\Delta(\Delta V)_i$, $\Delta_{\Delta V}$, $\Delta(\Delta V)$ и $\delta_{\Delta V}$ запишите в таблицу 6.

Таблица 6. Оценка ошибок измерений изменения объёма при нагревах.

№ п/п	$(\Delta V)_i$, гПа	$\langle(\Delta V)_i\rangle$, гПа	$\Delta(\Delta V)_i$, гПа	$\Delta_{\Delta V}$, гПа	$\Delta(\Delta V)$, гПа	$\delta_{\Delta V}$, %
1						
2						
...						

2. По результатам измерений в таблице 3 рассчитайте величины $(C_p)_i$ по формуле (15).

3. Вычислите среднее значение $\langle C_p \rangle$:

$$\langle C_p \rangle = \frac{\sum_{i=1}^f (C_p)_i}{f},$$

где f – число опытов по измерению C_p . Результаты вычислений $(C_p)_i$ и $\langle C_p \rangle$ запишите в таблицу 7.

4. Ошибка определения C_p определяется по правилам косвенных измерений. Следовательно, относительная ошибка δC_p определяется с учётом формулы (15) как:

$$\delta C_p = \frac{\Delta C_p}{C_p} \approx \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta(\Delta p)}{\Delta p}.$$

Здесь Δp – это ошибка в определении атмосферного давления. Абсолютная ошибка ΔC_p вычисляется как:

$$\Delta C_p = \delta C_p \cdot \langle C_p \rangle.$$

Полученное значение ΔC_p округлите до одной значащей цифры. Результаты ΔC_p и δC_p (переведите δC_p в проценты) запишите в таблицу 7.

Таблица 7. Оценка ошибок измерения C_p .

№ п/п	$(C_p)_i$, $\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$	$\langle C_p \rangle$, $\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$	δC_p , %	ΔC_p , $\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$
1				
2				
...				

Контрольные вопросы и тесты

1. Что такое идеальный газ? Запишите уравнение состояния идеального газа.
2. Дайте определение изохорному и изобарному процессам. Изобразите графические зависимости между термодинамическими параметрами для этих процессов.
3. Дайте определение числа степеней свободы молекулы.
4. Что такое внутренняя энергия идеального газа? Какова ее зависимость от числа степеней свободы?
5. Сформулируйте первый закон термодинамики. Запишите его формулировки для изопроцессов.
6. Дайте определение удельной и молярной теплоемкости вещества. Запишите связь между ними.
7. Выведите формулы для молярной теплоемкости идеального газа при постоянном объеме и при постоянном давлении.
8. Запишите соотношение Майера для молярных теплоемкостей идеального газа.
9. Выберите правильный вариант ответа в следующих тестовых заданиях:

ЗАДАНИЕ № 1

Уравнение состояния идеального газа имеет вид...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

$$1) p_1 V_1 = p_2 V_2 ;$$

$$2) \frac{p_1}{p_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} ;$$

$$3) pV = \frac{m}{\mu} RT ;$$

$$4) L = RT \ln \frac{V_2}{V_1} .$$

ЗАДАНИЕ № 2

Внутренняя энергия идеального газа – это...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) сумма потенциальных энергий молекул;
- 2) сумма потенциальных и кинетических энергий молекул;
- 3) разность потенциальных и кинетических энергий молекул;
- 4) сумма кинетических энергий молекул.

ЗАДАНИЕ № 3

При изотермическом процессе внутренняя энергия идеального газа...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) возрастает;
- 2) убывает;
- 3) может как возрастать, так и убывать;
- 4) не меняется.

ЗАДАНИЕ № 4

Аналитическое выражение первого закона термодинамики имеет вид...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $pV = \nu RT$;
- 2) $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$;
- 3) $Q = C_p(T_2 - T_1)$;
- 4) $\delta Q = dU + \delta A$.

ЗАДАНИЕ № 5

Вычислите количество теплоты, полученное газом, если при увеличении внутренней энергии на 100 Дж газ совершил работу 300 Дж:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 100 Дж;
- 2) 200 Дж;
- 3) 300 Дж ;
- 4) 400 Дж .

ЗАДАНИЕ № 6

Первое начало термодинамики для изохорического процесса имеет вид...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:

- 1) $\delta Q = dU + \delta A$;
- 2) $\delta Q = \delta A$;
- 3) $\delta A = -dU$;
- 4) $\delta Q = dU$.

ЗАДАНИЕ № 7

Первое начало термодинамики для изобарического процесса имеет вид...

ЗАДАНИЕ № 12

Укажите правильное соотношение:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $C_V = C_p + R$; 2) $C_p = C_V + R$;
3) $C_p = C_V$; 4) $C_p = C_V - R$.

Указания по технике безопасности

ВНИМАНИЕ! Лица, не прошедшие инструктаж по технике безопасности **не допускаются** к проведению лабораторных работ. Перед началом лабораторной работы необходимо ознакомиться с инструкцией по ее проведению в методических указаниях.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

1. Включать или выключать электрические рубильники силовых щитов.
2. Подавать электрическое напряжение без предварительной проверки схемы лаборантом или преподавателем.
3. Производить любые изменения в схеме в процессе работы.
4. Оставлять без присмотра включенную установку.
5. При работе с электронагревательными приборами соблюдать меры противопожарной безопасности, не касаться нагревательных элементов руками и горючими предметами.
6. При обнаружении неисправного оборудования, электрических розеток и вилок немедленно сообщать об этом преподавателю. Запрещается работать на неисправном оборудовании. По окончании работы отключить установку от электропитания.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т.И., Курс физики., М.: Академия. 2017.
2. Савельев И.В. Курс физики. Т.1. СПб.: Лань. 2007.
3. Физика. Раздел: Молекулярная физика и термодинамика. Лабораторный практикум. М.: МИСиС. «Учёба». 2008.
4. Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы. М.: Физматлит. 2001.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 2. М.: Физматлит. 2005.