

**Отчет по лабораторной работе МодТ – 06**

**ЗАКОНЫ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА**

Студент(ка) \_\_\_\_\_ гр. \_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

ДОПУСК	ДАННЫЕ	РЕЗУЛЬТАТЫ
дата, подпись преподавателя	дата, подпись преподавателя	дата, подпись преподавателя

**Цель работы:** изучение закономерностей поведения идеального газа при изотропных и политропных процессах. Определение количества газа, а также его работы и молярных теплоемкостей при изотропных и политропных процессах.

**Краткое теоретическое содержание работы**

*Газ* называют *идеальным*, когда \_\_\_\_\_

*Уравнение состояния идеального газа* (уравнение Менделеева–Клапейрона)

*Работа идеального газа* при переходе из состояния  $(p_1, V_1, T_1)$  в состояние  $(p_2, V_2, T_2)$ :

при изотермическом процессе  $(T_1 = T_2)$   $A =$

при изобарном процессе  $(p_1 = p_2)$   $A =$

при изохорном процессе  $(V_1 = V_2)$   $A =$

при политропном процессе  $(pV^n = \text{const})$   $A =$   
( $n$  – показатель политропы)

*Молярная теплоемкость газа* – физическая величина \_\_\_\_\_

### Уравнение Майера:

где  $C_p$  – \_\_\_\_\_

$C_V$  – \_\_\_\_\_

$R = 8,314462$  Дж/(моль·К) – \_\_\_\_\_

Молярная теплоемкость при политропном процессе:

$C =$  \_\_\_\_\_

### Рабочие формулы:

Идеальный газ находится в резервуаре, соединенном с S-образной трубкой, частично заполненной жидкостью.

Давление газа:

$p =$  \_\_\_\_\_

где  $p_0 = 1,0132 \cdot 10^5$  Па – \_\_\_\_\_

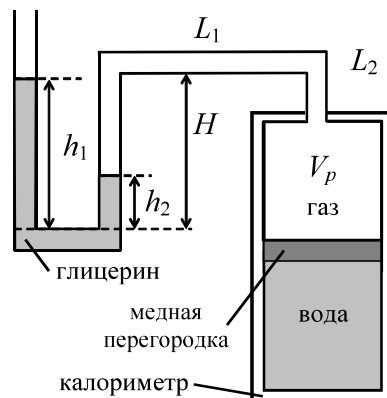
$g = 980,7$  см/с<sup>2</sup> – \_\_\_\_\_

$\rho$  – \_\_\_\_\_

объем газа:

$V =$  \_\_\_\_\_

где  $S$  – \_\_\_\_\_



Количество теплоты, полученное газом при теплообмене,

для замкнутой системы:  $Q =$  \_\_\_\_\_

для незамкнутой системы:  $Q =$  \_\_\_\_\_

где  $Q_B =$  \_\_\_\_\_  $Q_M =$  \_\_\_\_\_

$c_B$  – \_\_\_\_\_  $c_M$  – \_\_\_\_\_

$m_B$  – \_\_\_\_\_  $m_M$  – \_\_\_\_\_

$T$  – температура газа и медной перегородки, \_\_\_\_\_ – температура воды до начала теплообмена; \_\_\_\_\_ – температура всех тел, находящихся в калориметре после окончания теплообмена;  $A$  – \_\_\_\_\_

Теплоемкость газа при произвольном термодинамическом процессе

$$C =$$

### Эксперимент

В данной работе с помощью средств компьютерной графики моделируется поведение идеального газа в резервуаре, помещенном в калориметр и соединенном с открытой S-образной теплопроводящей трубкой постоянного сечения, состоящей из прямолинейных перпендикулярных отрезков, расположенной в вертикальной плоскости и частично заполненной глицерином. Для изменения температуры газа резервуар в калориметре приводят в соприкосновение с нагретой (охлажденной) водой путем установливания между водой и газом теплопроводящей медной перегородки.

**Начальные данные**

Вариант: \_\_\_\_\_

<b>Газ</b>	Молярная масса $\mu$ , г/моль	Молярная теплоемкость при постоянном давлении
		$C_p =$ Дж/(моль·К)

**Глицерин:** плотность \_\_\_\_\_ г/см<sup>3</sup>

### **Геометрические размеры сосуда:**

Объем резервуара $V_p =$ мл (см <sup>3</sup> )	Площадь поперечного сечения трубки $S =$ см <sup>2</sup>
---	---

Длины прямолинейных отрезков трубки:

открытый вертикальный отрезок	см
нижний горизонтальный отрезок	см
вертикальный отрезок, содержащий границу между идеальным газом и глицерином $H$	см
верхний горизонтальный отрезок $L_1$	см
вертикальный отрезок, соединяющий трубку с резервуаром, $L_2$	см

**Неизменяемая часть объема газа**  $V_0 = V_p + S(L_1 + L_2) =$  \_\_\_\_\_ см<sup>3</sup>

### **Калориметр**

Вода	Медная перегородка
масса $m_B$ : кг	масса $m_M$ : кг
удельная теплоемкость $c_B$ : Дж/(кг·К)	удельная теплоемкость $c_M$ : Дж/(кг·К)

Цена деления линейки в масштабе 500 %: \_\_\_\_\_ см

### Изотермическое сжатие газа

Температура		Объем глицерина	
°C	*	К	начальный: см <sup>3</sup> (мл)      добавочный ΔV = см <sup>3</sup> (мл)

№	Уровни глицерина		**Давление газа p, 10 <sup>5</sup> Па	***Объем газа V, мл (см <sup>3</sup> )	1/V, 10 <sup>-4</sup> см <sup>-3</sup>	****Количество газа ν, моль	Работа A, Дж		
	h <sub>1</sub> , см	h <sub>2</sub> , см					1 газа при изотермическом процессе	2 газа (из определения работы)	3 внешней силы
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
Среднее значение ν:						Суммарная работа			
Тангенс угла наклона графика:				ν из графика:					

\* +273,15      \*\*  $p = p_0 + \rho g (h_1 - h_2)$       \*\*\*  $V = V_0 + S (H - h_2)$       \*\*\*\*  $\nu = pV/RT$

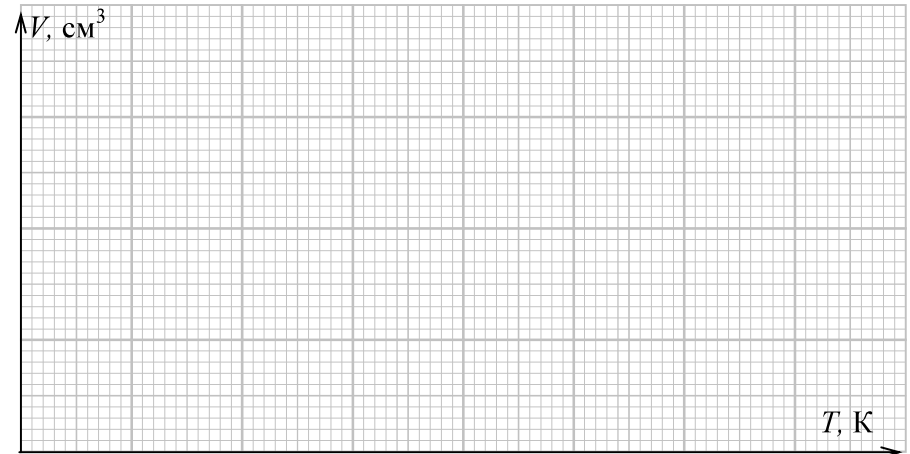
$^1 A = \nu RT \ln(V/V')$        $^2 A \approx \frac{1}{2} (p + p')(V - V')$ ,

где V', p' – значения объема и давления газа в предыдущем опыте,

V, p – в последующем

$^3 A_{\text{вн}} = (Sp' + \rho g(\Delta V/2 - S\Delta h)) \cdot \Delta h$ , где  $\Delta h = (h_2 - h'_2)$ , h'\_2, h\_2 – уровень границы между газом и глицерином в предыдущем и последующем опытах, соответственно

Масса газа m = \_\_\_\_\_ г



---

---

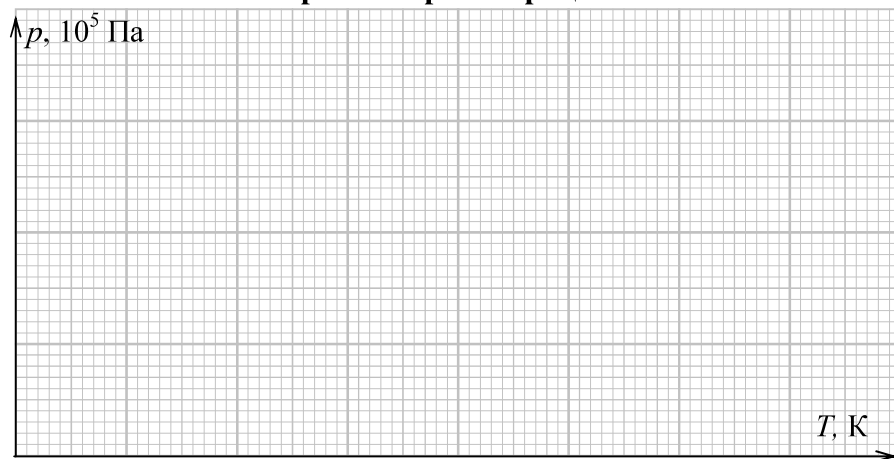
---

---

---

---

**График зависимости давления от температуры при изохорном процессе**



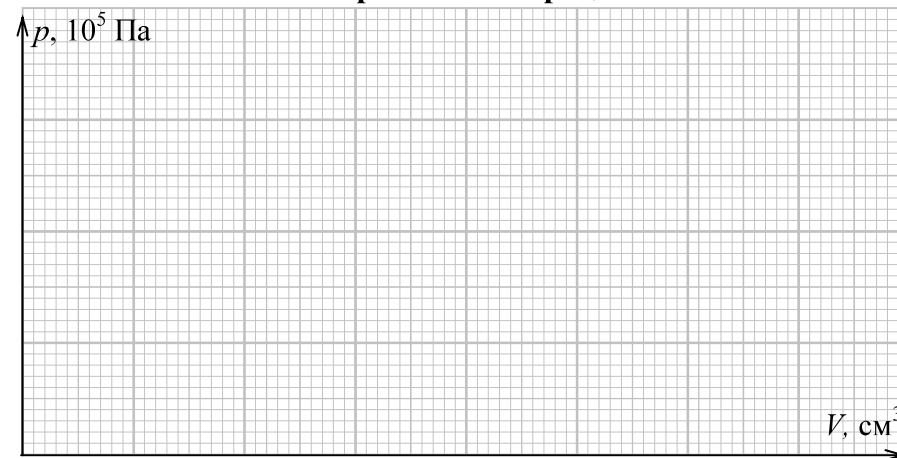
**График зависимости объема от температуры при изобарном процессе**

**Выводы:** \_\_\_\_\_

---

---

**График зависимости давления газа от его объема при изотермическом процессе**



**График зависимости давления газа от величины, обратной объему при изотермическом процессе**



# Расширение газа при нагревании (замкнутая система)

Объем глицерина в трубке \_\_\_\_\_ мл

	температура газа $t$ , °C					До нагревания	
	5	15	25	35	45	температура воды $t_B$ , °C	После нагревания
						5	температура газа и воды $t_k$ , °C
							Изменение температуры газа ( $t_k - t$ ), °C
							Изменение температуры воды ( $t_B - t_k$ ), °C
							$h_1$ , см
							$h_2$ , см
							Уровни глицерина
							Давление газа $p = p_0 + \rho g (h_1 - h_2)$ , $10^5$ Па
							Объем газа $V = V_0 + S (H - h_2)$ , мл ( $\text{см}^3$ )
							$\ln p_5/p$
							$\ln V/V_5$
							*Показатель политропы $n$
							**Работа газа $A$ , Дж
							Количество теплоты, отданное водой $Q_B$ , Дж
							Количество теплоты, полученное медной перегородкой $Q_M$ , Дж
							***Количество теплоты, полученное газом: $Q$ , Дж
							****Молярная теплоемкость при нагревании $C$ , Дж/(моль·К)
							*****Молярная теплоемкость при постоянном объеме $C_V$ , Дж/(моль·К)
							Молярная теплоемкость при постоянном давлении $C_P = R + C_V$ , Дж/(моль·К)

60	55	50	45	40	$t$ , °C
					$t_B$ , °C
					$t_k$ , °C
					* $T_k$ , К
					$h_1$ , см
					$h_2$ , см
					$p$ , $10^5$ Па
					$V$ , мл
					глицерин, мл
					$h_1$ , см
					$h_2$ , см
					$p$ , $10^5$ Па
					$V$ , мл
					** $A$ , Дж
					$Q_B$ , Дж
					$Q_M$ , Дж
					*** $Q$ , Дж
					**** $C_P$ , Дж/(моль·К)
					$C_V$ , Дж/(моль·К)

\* +273,15 \*\*  $A = \nu R T \ln \frac{V}{V'}$  \*\*\*  $Q = Q_B - Q_M + A$  \*\*\*\*  $C = C_P = \frac{Q}{\nu(t_k - t)}$

(конечная температура  $t_k$  газа в предыдущем опыте является начальной температурой  $t$  газа в последующем)

Коэффициент пропорциональности зависимости  $V = V(T)$ :

из графика \_\_\_\_\_  $\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{К}$ ;

из теории  $\nu R/p = \text{_____} \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{К}$

Выводы: \_\_\_\_\_

Молярная теплоемкость, Дж/(моль·К):

теоретическое значение	среднее значение (по результатам всех экспериментов)	относительная погрешность
$C_P =$	$\langle C_P \rangle =$	$\delta C_P = \frac{ \langle C_P \rangle - C_P }{C_P} \cdot 100\% =$
$C_V = C_P - R =$	$\langle C_V \rangle =$	$\delta C_V = \frac{ \langle C_V \rangle - C_V }{C_V} \cdot 100\% =$

Выводы: \_\_\_\_\_

### Изобарное расширение газа (незамкнутая система)

5	До нагревания		После нагревания		Уровни глицерина		Давление газа $p$ , $10^5$ Па	Объем газа $V$ , мл ( $\text{см}^3$ )	Объем глицерина, мл ( $\text{см}^3$ )	Уровни глицерина		Давление газа $p$ , $10^5$ Па	Объем газа $V$ , мл ( $\text{см}^3$ )	**Работа газа при изотермическом сжатии (при добавлении глицерина в трубку) $A$ , Дж	Количество теплоты, отданное водой $Q_B$ , Дж	Количество теплоты, полученное медной перегородкой $Q_M$ , Дж	***Количество теплоты $Q$ , Дж	****Молярная теплоемкость при постоянном давлении $C_P$ , Дж/(моль·К)	Молярная теплоемкость при постоянном объеме $C_V = C_P - R$ , Дж/(моль·К)	
	температура газа $t$ , °C	температура воды $t_B$ , °C	температура газа и воды $t_K$ , °C	*температура газа и воды $T_K$ , К	$h_1$ , см	$h_2$ , см				$h_1$ , см	$h_2$ , см									
35																				
30																				
25																				
20																				
15																				
10																				
5																				

$t$ , °C	$t_B$ , °C	$t_K$ , °C	$t_K - t$ , °C	$t_B - t_K$ , °C	$h_1$ , см	$h_2$ , см	$p$ , $10^5$ Па	$V$ , мл	$\ln p_5/p$	$\ln V/V_5$	* $\eta$	** $A$ , Дж	$Q_B$ , Дж	$Q_M$ , Дж	*** $Q$ , Дж	**** $C$ , Дж/(моль·К)	***** $C_V$ , Дж/(моль·К)	$C_P$ , Дж/(моль·К)	
95	85																		

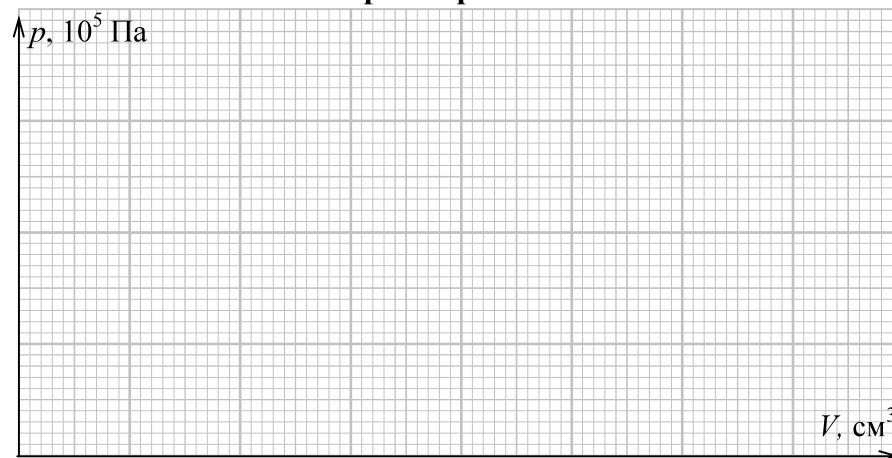
$$* n = \frac{\ln p_5/p}{\ln V/V_5} \quad ** A \approx \frac{1}{2}(p + p')(V - V') \quad *** Q = Q_B - Q_M$$

$$**** C = \frac{Q}{v(t_K - t)} \quad ***** C_V = \frac{Q - A}{v(t_K - t)}$$

где  $p_5, V_5$  – значения давления и объема газа при температуре 5 °C;  $p, p', V, V'$  – как в предыдущем эксперименте; конечная температура  $t_K$  газа в предыдущем опыте является начальной температурой  $t$  газа в последующем.

**Выводы:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

График зависимости давления газа от его объема при нагревании



### График зависимости $\ln p_3/p$ от $\ln V/V_5$ при нагревании



### Изохорное нагревание газа (незамкнутая система)

5	До нагревания		После нагревания		Уровни глицерина		Давление газа $p$ , $10^5$ Па	Объем газа $V$ , мл ( $\text{см}^3$ )	Уровни глицерина	Объем газа $V$ , мл ( $\text{см}^3$ )	Давление газа $p$ , $10^5$ Па	Объем газа $V$ , мл ( $\text{см}^3$ )	*** Работа газа при изотермическом сжатии (при добавлении глицерина в трубку) $A$ , Дж	Количество теплоты, отданное водой $Q_B$ , Дж	Количество теплоты, полученное медной перегородкой $Q_M$ , Дж	*** Количество теплоты $Q$ , Дж	**** Молярная теплоемкость при постоянном объеме $C_V$ , Дж/(моль·К)	Молярная теплоемкость при постоянном давлении $C_P = R + C_V$ , Дж/(моль·К)	
	температура газа $t$ , °C	температура воды $t_B$ , °C	температура газа и воды $t_K$ , °C	*температура газа и воды $T_K$ , К	$h_1$ , см	$h_2$ , см													$h_1$ , см
10			5																

60	55	50	45	40	35	30	25	20	15
$t$ , °C									
$t_B$ , °C									
$t_K$ , °C									
* $T_K$ , К									
$h_1$ , см									
$h_2$ , см									
$p$ , $10^5$ Па									
$V$ , мл									
глицерин, мл									
$h_1$ , см									
$h_2$ , см									
$p$ , $10^5$ Па									
$V$ , мл									
** $A$ , Дж									
$Q_B$ , Дж									
$Q_M$ , Дж									
*** $Q$ , Дж									
**** $C_V$ , Дж/(моль·К)									
$C_P$ , Дж/(моль·К)									

\* +273,15    \*\*  $A = \nu RT \ln \frac{V}{V'}$     \*\*\*  $Q = Q_B - Q_M + A$     \*\*\*\*  $C = C_V = \frac{Q}{\nu(t_K - t)}$

(конечная температура  $t_K$  газа в предыдущем опыте является начальной температурой  $t$  газа в последующем)

Коэффициент пропорциональности зависимости  $P = P(T)$ :

из графика \_\_\_\_\_ ·  $10^2$  Дж/(К·м<sup>3</sup>);

из теории  $\nu R/V =$  \_\_\_\_\_ ·  $10^2$  Дж/(К·м<sup>3</sup>)

**Выводы:** \_\_\_\_\_