

Всероссийская олимпиада школьников по физике

Заключительный этап

**10-E1** - 036

---

Название задачи (см.условие)

заполнить печатными буквами!!!

КОСЫХ

Фамилия

АЛЕКСЕЙ

Имя

ЕВГЕНЬЕВИЧ

Отчество

8 (912) 825-36-88

Номер вашего мобильного телефона

1. Пишите только с одной стороны листа.
2. Не мните, не сгибайте, не рвите листы.
3. Нумеруйте листы (например, «лист 5 из 8»).

Это лист № 0

Томск, 2019



Шифр 10-Е1-036

Ф И О проверяющего ГАВ

Разбалловка по экспериментальной задаче «Термодинамический Черный Ящик».

№	Критерии	Максимальный балл	оценка	апелляция
1	Постоянство давления воздуха в пакете	1	1	
2	Связь между изменениями $\Delta V$ и $\Delta T$ : $\Delta V = \Delta T \times \nu \times R / P$	1	1	
3а	Метод измерения $\Delta V$ ; калибровка пробирки и учет сечения трубки	4	—	
3б	Метод измерения $\Delta V$ шприцем без использования пробирки способом поддержания одного уровня в длинной трубке.	3	2	
3в	Метод измерения $\Delta V$ по уровню воды в трубках. Или пункт 3б для короткой трубки	1	—	
	Измерение температуры			
4	Помещение термопары внутрь бутылки	1	—	
5	Диапазон изменения температуры $\geq 25^\circ$	1	1	
6а	Число измерений при разных температурах $\geq 5$	2		
6б	Число измерений при разных температурах 2-4	1	1	
7	Герметичность собранной установки (использование шприца в качестве пробки)	1	1	
8	График зависимости от $T$ изменения объема $\Delta V$ или связанной с этим изменением величины	1	1	
9а	Результат (ворота) $\pm 30\%$ от точной величины (данной в таблице для установки с номером NN)	2	2	
9б	Результат (ворота) $\pm 50\%$ от точной величины (данной в таблице для установки с номером NN)	1	—	
10	Оценка погрешности	1	—	
	ИТОГО:	15	10	

Примечания:

1. При отсутствии баллов за пункт 3 пункты 8, 9 и 10 оцениваются в 0 баллов.
- 2.



Установка № 13

 $V_{\text{табл}} = 3,0 \text{ мл}$ 

Метод:

Сначала измеряем объем бутылки  $V_0$ 

Для этого через каждые 0,5 см измеряем длину окружности (на высоте 0; 0,5; 1; 1,5; 2 и т.д. см.), строим график и считаем площадь под кривой.

Далее, заливаем воду с температурой  $T_1$  до тех пор, пока в обеих трубках не установится равновесие, попутно высасывая воздух (все это делается шприцом) и определяем займетый в бутылке объем  $V_1$ .

Далее, в верхнюю трубку вставляем шприц с  $V_2 = 20 \text{ мл}$  воздуха при  $T_1$  и вытесняем из него воздух, пока в дельной трубке он не поднимется до верха, на  $\Delta h = 15 \text{ см}$ .

Вытеснено будет  $\Delta V_1$  воздуха из шприца.

Учитывая, что пакет располагается всё время на высоте  $h$  отн. кривки, а влажность несжимаема, можем написать:

$$p_0 V_{\text{ш}} = (p_0 + \rho g \Delta h) (V_{\text{ш}} - \Delta V_{\text{ш}})$$

$$(p_0 + \Delta p) (V_0 - V_1) = (p_0 + \Delta p + \rho g \Delta h) (V_0 - V_1 - \Delta V_{\text{ш}}); \Delta V_{\text{ш}} + \Delta V_{\text{т}} = \Delta V_1$$

~~$$\Delta V_{\text{ш}} = \frac{\rho g \Delta h \cdot V_{\text{ш}}}{p_0 + \rho g \Delta h}$$~~

$$\Delta V_1 = \frac{\rho g \Delta h \cdot V_{\text{ш}}}{(p_0 + \rho g \Delta h)} + \frac{\rho g \Delta h (V_0 - V_1)}{(p_0 + \Delta p) + \rho g \Delta h}$$



$$\Delta V_1 (p_0 + \rho g \Delta h) (p_0 + \Delta p_1 + \rho g \Delta h) = \rho g \Delta h (V_{\text{ш}} (p_0 + \rho g \Delta h) + V_0 - V_1) p_0$$

$$\Downarrow$$

$$= \rho g \Delta h (V_{\text{ш}} (p_0 + \Delta p_1) + V_0 - V_1) p_0$$

~~$$p_0 + \Delta p_1 = \rho g \Delta h \frac{V_{\text{ш}} (p_0 + \rho g \Delta h) + V_0 - V_1}{\Delta V_1}$$~~

$$p_0 + \Delta p_1 = \frac{\rho g \Delta h (V_0 - V_1) p_0 - \Delta V_1 (p_0 + \rho g \Delta h) \rho g \Delta h}{\Delta V_1 (p_0 + \rho g \Delta h) - V_{\text{ш}} \rho g \Delta h}$$

$$(p_0 + \Delta p_1) (V_0 - V_1) = \frac{\Delta V_1}{V_1} R T_1$$

$$V_1 = \frac{(p_0 + \Delta p_1) (V_0 - V_1)}{R T_1}$$

Узмерения:  $S = \frac{L^2}{2\pi \cdot 2} = \pi R^2$

h, см	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
L, см	16,1	16,2	16,3	16,5	16,7	16,8	16,9	17,0	17,0	17,1	17,1	17,2	17,2	17,3	17,3	17,5	17,6	17,6	17,7	17,6
S, см <sup>2</sup>	20,6	20,9	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	23,0	23,3	23,7	23,9	24,2	24,5	24,7	25,1	25,4	25,7	26,0	26,3
h, см	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5
	13,6	13,7	14,3	14,9	15,4	16,0	16,5	17,1	17,6	18,1	18,6	19,1	19,6	20,1	20,6	21,1	21,6	22,1	22,6	23,1
	14,7	14,9	16,3	17,7	19,1	20,5	21,9	23,3	24,7	26,1	27,5	28,9	30,3	31,7	33,1	34,5	35,9	37,3	38,7	40,1

$$V_0 = 362 \text{ см}^3 \text{ (вместе с воронкой)}$$

Темп  $T_1 = 50^\circ\text{C}$ ,  $V_1 = 208 \text{ мл}$ ;  $\Delta V_1 = 4 \text{ мл}$

$\text{мл} = \text{см}^3$

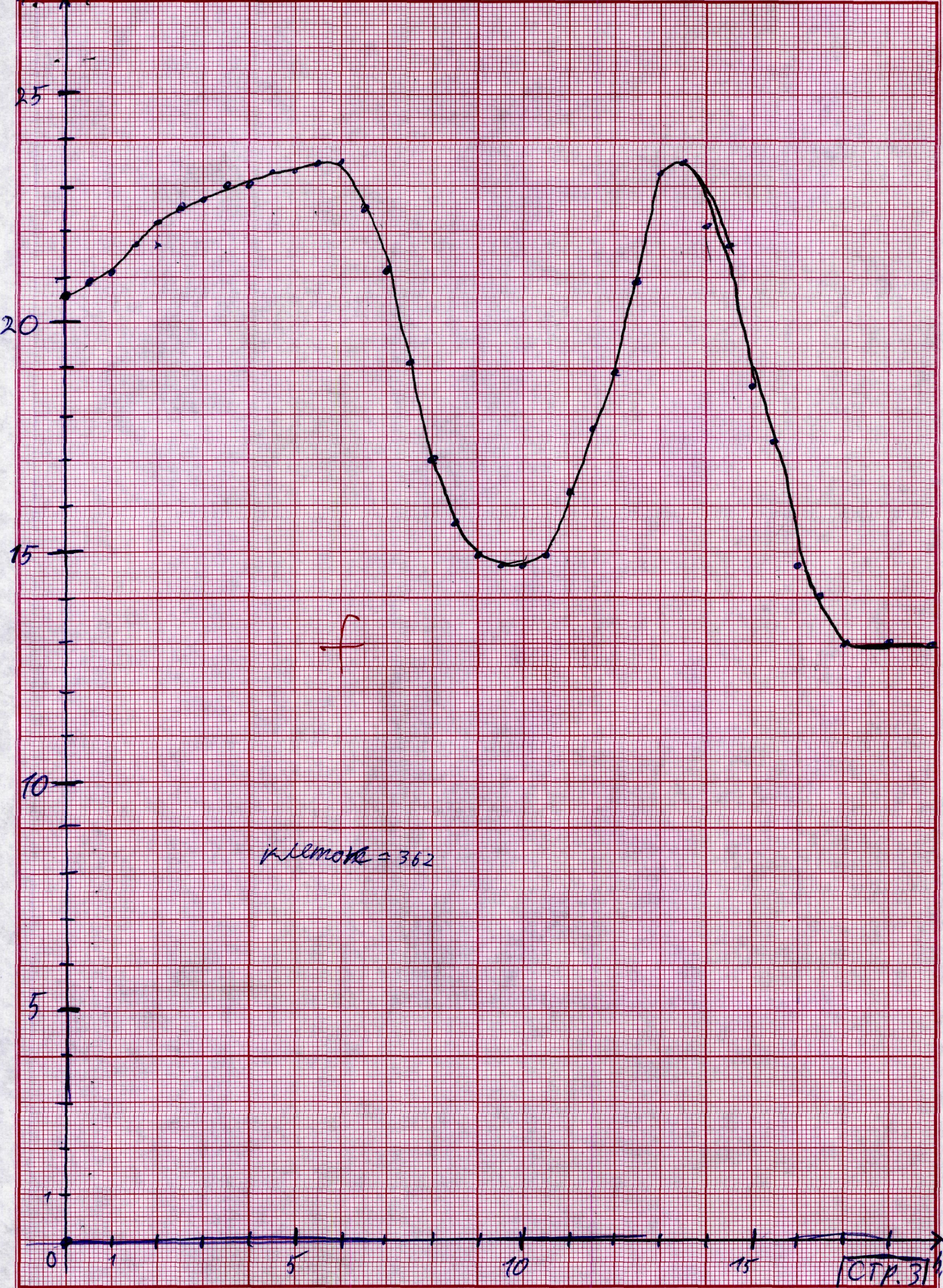
$$V_1 = \frac{\rho g \Delta h (V_0 - V_1) p_0 - \Delta V_1 (p_0 + \rho g \Delta h) \rho g \Delta h}{\Delta V_1 (p_0 + \rho g \Delta h) - V_{\text{ш}} \rho g \Delta h} \cdot \frac{(V_0 - V_1)}{RT}$$

$$= 0,0035 \text{ моль}$$

f



$g_{av}^2$



f

$k_{LEMONA} = 362$

ОТР. 31  
433