

Всероссийская олимпиада школьников по физике

Заключительный этап

11-E2-086

Пограничное кипение

Название задачи (см. условие)

заполнить печатными буквами!!!

Бойцов

Фамилия

Евгений

Имя

Георгиевич

Отчество

89260903883

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

Пункт	MAX	Проверка	
Часть 1. Плотность			
Понятное описание эксперимента	1	1	3 (3)
Rho = 1.50-1.70	2	2	
Часть 2. Молярная масса			
Метод: шарик под водой 2 натягиваем шарик на пробирку 0	2	0	0 (6)
Теория: $\mu = \frac{m_0}{\rho \Delta V} RT$	1	0	
Ответ: $\mu = 270 - 370$ г/моль 2 $\mu = 220 - 420$ г/моль 1	2	0	
Часть 3. Пограничное кипение			
Детали методики: используем палочку	1	0	0 (2)
Ответ: 43-47 1 41-49 0.5	1	0	
Часть 4. Теплота парообразования			
Метод: Измерение $T_{кип}$ (авторский) 1	1		1 (5)
Данные: $T_{кип} = 48 - 51$ 1 $T_{кип} = 47 - 52$ 0.5	1		
Теория: $P_{NN} + P_v(T_{погр}) = P_0$	1	1	
Формула для L	0.5		
Ответ: $L = 50 - 140$ 1.5 $L = 20 - 200$ 0.5	1.5		
Часть 4 – альтернативные методы			
Метод Доливаем немного кипятка в NN 1 Доливаем немного NN в воду 0.5		0	0
Данные 1			
Теория – уравнение теплового баланса – 1.5			
Ответ – те же диапазоны 1.5			
Сумма			
			4 (из 15)

Жигарь

Пункт 1.

- 1) Взвешиваем шприц на 20 мл, выкатываем его вес, используя TARE.
- 2) Накачиваем шприц 20 мл NN (не $\frac{1}{2}$ выдувая воздушную пузырь, заперев мятецко носик), $m_{\text{жидкости}} = 31,84 \pm 0,02 \text{ г}$.
- 3) $\rho_{\text{NN}} = \frac{m_{\text{NN}}}{V_{\text{шприца}}} = \frac{31,84 \pm 0,02 \text{ г}}{20 \pm 0,5 \text{ см}^3} = \underline{\underline{(1,59 \pm 0,04) \frac{\text{г}}{\text{см}^3}}}$

Пункт 3.

- 1) Накачиваем NN в мерный стакан (куда заранее вставили термометр) до отметки 2 мл.
- 2) Накачиваем поверх 2 мл холодной воды.
- 3) Накачиваем заливать горячую воду по 0,5 мл, перемешивая среду термометром для скорейшего установления t° .
- 4) Когда с границы раздела жидкостей начинают подниматься пузырьки, ждем прекращения этого процесса.
- 5) t° падает медленно (и.к. близка к комнатной), и каждый пузырь (они надуваются по очереди, по одному ^{раза}) надувается он не быстро, успевает всплыть до детектируемого термометром изменение t° .
- 6) Последний пузырь прекращает надуваться при $t^\circ = 37,0^\circ \text{C}$. Давление столбика воды явно меньшим 10 см можно пренебречь по сравн. с атмосферностью $P_0 \Rightarrow t_{\text{погр}}^\circ = 37,0^\circ \text{C}; T_{\text{погр}} = 310,2 \text{ K}. \Delta t^\circ = 0,1^\circ \text{C}$

$$T_{\text{погр}} = \underline{\underline{(37,0 \pm 0,1)^\circ \text{C}}}$$

См. след. лист

$p_1 = n_1 kT$, $p_2 = n_2 kT \Rightarrow$ при $T_{\text{пар}}$ (которую далее мы мерим в К) имеем:

$$P_0 = p_1 + p_2 = (n_1 + n_2) kT_{\text{пар}} = (C_{H_2} + C_{H_2O}) RT_{\text{пар}}$$

↑
концентрации молекул

Пункт 2:

- 1) Наливаем в мерный стакан без термометра 2 мл NH_3
- 2) Экспериментальный факт: активность кипения резко ↑ при внесении палочки в систему.

Попробуем ввиду новых открывшихся закономерностей переделать п. 3. Полученный во всем остальном аналогичным методом ответ оказался ниже на 0,3 градуса. $T_{\text{кип}} = 36,7^\circ C \pm 0,1^\circ C$

Итак, снова п. 2:

- 3) ~~Как показано ранее, для кипения на поверхности в пузыре, поднимающемся на поверхность $P_{\text{в}} = (C_{H_2} + C_{H_2O}) RT$, независимо от P и T .~~ ^{также и показана ранее следует} ~~для кипения на поверхности в пузыре,~~

- 4) Наливаем поверх 4 мл NH_3 еще 4 мл воды. Погружаем в сосуд с горячей водой, NH_3 закипает, пузыри проходят через воду.

- 5) За время выкипания NH_3 температура горячей воды уменьшилась с $67,9^\circ C$ до $64,8^\circ C$. Среднее значение - $66,4^\circ C$. Давление P_0 , в предположении, что от $60^\circ C$ до $70^\circ C$ P_0 линейно, равно $27,1 \pm 1\% \text{ кПа}$.

- 6) Вода в проведенном эксперименте не выкипела, что неспроста.

Тогда считаем L .

- * Кстати, по аналогии с п. 5 при $T_{\text{пар}}$ имеем $P_0(T_{\text{пар}}) = 6,3 \text{ кПа}$.
 $P_{NH_3}(T_{\text{пар}}) = (94 \pm 1) \text{ кПа} \leftarrow P_0 - P_0$ $\pm 2\%$

Итог, п.4 Поиск L.

1) $\Delta t_{\text{вода}} = 57,9^\circ\text{C} - 54,8^\circ\text{C} = 3,1^\circ\text{C}$. За время порядка $t_{\text{выкип NN}}$ вода становится в результате теплообмена на $\sim 0,1^\circ\text{C} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \Delta t^\circ = 3,1 \pm 0,3^\circ\text{C} \leftarrow \Delta t_{\text{max}} + \Delta t_{\text{min}} + 0,1^\circ\text{C}$.

2) $m_{\text{вода в сосуде}} = (214,14 \pm 0,2) \text{ г}$ (получено перемешиванием в другой, затаренный сосуд на весах).

3) $C_{\text{вода}} = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \Rightarrow \Delta U_{\text{вода}} = C_{\text{вода}} \cdot m_{\text{вода}} \cdot \Delta t^\circ = (2,77 \pm 3 \cdot 10^2) \text{ Дж}$

4) $L = \frac{\Delta U}{m_{\text{NN}}}$, где $m_{\text{NN}} = \rho_{\text{NN}} \cdot V_{\text{NN}} = 1,59 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 4 \text{ см}^3 \pm 8\% = (6,4 \pm 0,5) \text{ г}$

$$L = (4,2 \cdot 10^5 \pm 5 \cdot 10^4) \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

п.2

Ставим горячую воду с NN в объёмах $4 \text{ мл} + 4 \text{ мл}$, окуная их в горячую воду периодически, пока не выкипят достат. объём NN.

$$\frac{\rho_{\text{NN}}(T_{\text{кип}})}{\rho_{\text{в}}(T_{\text{кип}})} = 14,9 \pm 0,4 \Rightarrow \frac{C_{\text{NN}}(T_{\text{кип}})}{C_{\text{в}}(T_{\text{кип}})} = 14,9 \pm 0,4$$

Выкипело $4 \text{ мл NN} \pm 0,5 \text{ мл}$ и $1,5 \text{ мл в} \pm 0,5 \text{ мл} \Rightarrow \mu_{\text{NN}} = \left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{NN}}}\right)^2 \cdot \frac{C_{\text{NN}}}{C_{\text{в}}} \cdot \left(\frac{\Delta V_{\text{NN}}}{\Delta V_{\text{в}}}\right) \cdot \mu_{\text{в}} = 1,6 \pm 3\%$
 $\cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$