

Протокол.
лабораторная работа № 18.

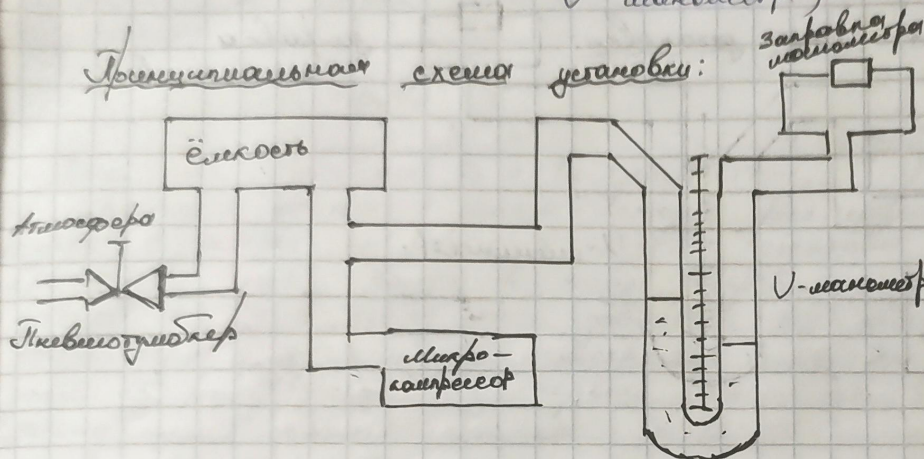
Определение отношения удельных теплоты

воздуха

Приборы и оборудование: установка ФПБ 1-В

Экспериментальная установка (Пневмотриблер, ёмкость, микрокомпрессор, U-манометр)

Принципиальная схема установки:



Новые данные:

$$\Delta P = 10 \text{ Па}$$

$$V_{\text{сосуда}} = 3 \text{ л.}$$

$$\chi = \frac{P_1}{P_2 - P_2}$$

$$P_{\text{атм}} = 745 \text{ мм. рт.ст.}$$

$$t_{\text{воздуха}} = 28,5^\circ \text{C}$$

$$(30^\circ \text{C})$$

$$\chi = \frac{P_1}{P_2 - P_2}$$

№ опыта	1	2	3	4	5
P_1 , мм	411	417	418	442	436
P_2 , мм	122	134	144	128	128
χ	1,42	1,47	1,53	1,40	1,42
$\chi_{\text{среднее}}$	1,45				

Зориков
21.04.21
Астапов

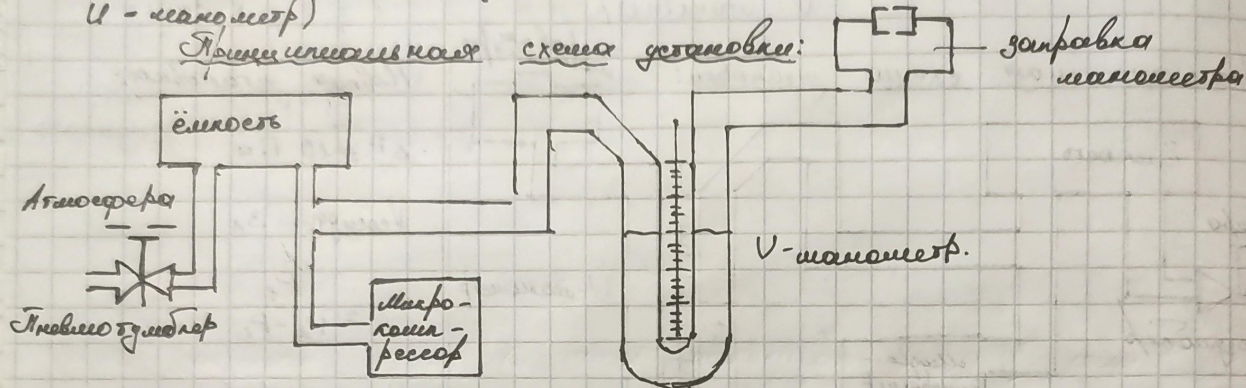
Отчет по лабораторной работе №18. Определение отношения удельных теплоемкостей воздуха.

Цель работы: определить отношение удельных теплоемкостей воздуха.

Приборы и оборудование: установка ФПТ-1-6

Экспериментальная установка (клевнотрубный, ёмкость, микрокалориметр, U-манометр)

Принципиальная схема установки:



$$\Delta P = 10 \text{ Па}$$

$$V_{\text{воздуха}} = 3 \text{ л}$$

$$P_{\text{атм}} = 745 \text{ мм. рт. ст.}$$

$$t_{\text{воздуха}} = 28,5^\circ \text{C}$$

Теоретическая часть.

Обозначим C_v - удельную теплоемкость газа при постоянном объеме и C_p - удельную теплоемкость газа при постоянном давлении.

При адиабатическом изменении состояния газа, когда не происходит теплообмена между газом и окружающей средой, имеет место закон Пуассона:

$$p(V)^\gamma = \text{const},$$

где p - давление, V - объем единицы массы газа (удельный объем).

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

Очень быстро протекающие процессы можно считать адиабатическими. Такой процесс имеет в основе опыта Клеммана-Дюроуэ.

Большой толстостенный сосуд (стеклянный) при расхождении фронта K может сообщаться с наружным воздухом (рис. 1). При расхождении фронта K сообщается с вакуумом манометра D и через трубку E с накачиваемым насосом. Закрыли кран K и накачали в сосуд A воздух, тогда в сосуде A воздух оказывается под давлением p_1 большим атмосферного. Соответственно удельный объем его по истечении некоторого времени, в течение которого температура внутри сосуда сравняется с наружной, будет v_1 , следовательно, состояние воздуха характеризуется величинами: p_1, v_1, t .

Теперь быстро открываем кран К и быстро закрываем его, при этом в сосуде быстро происходит (адиабатическое расширение) и охлаждается до температуры t_0 ниже комнатной, давление его падает до атмосферного p_0 , а удельный объем увеличивается до удельного объема v_0 . Следовательно, в этом втором состоянии, когда в сосуде имелась температура t_0 , удельный объем v_0 и давление p_0 . Переход из первого состояния во второе происходит по

$$p_0 v_0^\gamma = p_0 v_0^\gamma \quad (1)$$

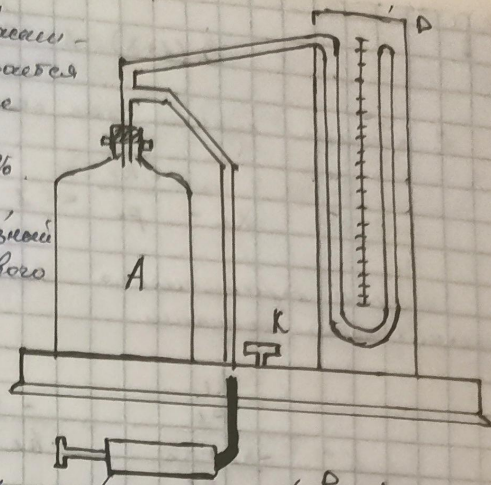


Рис. 1.

Так как объемы v_0 и v_1 неизвестны, то определить отсюда γ нельзя. Поэтому рассмотрим еще третье состояние воздуха, к. Тогда воздух в сосуде нагревается до температуры комнаты t_1 , и в силу этого давление его повышается до p_1 . В этом состоянии воздух имеет температуру t_1 , удельный объем v_1 , давление p_1 . Переход из первого состояния в третье совершается по закону

$$p_1 v_1 = p_1 v_1 \quad (2)$$

Соединяя совместно уравнения (1) и (2), можно легко исключить v_1 и v_0 , получив их отношение из уравнения (2).

$$\frac{v_1}{v_0} = \frac{p_1}{p_2}$$

Из ур-я (1) имеем $\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^\gamma = \frac{p_0}{p_1}$

Следовательно, $\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^\gamma = \frac{p_0}{p_2}$

Решая это уравнение относительно γ , получим:

$$\gamma = \frac{\ln \frac{p_0}{p_1}}{\ln \frac{p_1}{p_2}} \quad (3)$$

Так как p_1 , p_0 и p_2 лишь мало отличаются друг от друга, то можно написать

$$p_0 = p_1 - h_1 = p_2 \left(1 - \frac{h_1}{p_2}\right); \quad p_2 = p_0 + h_2 = p_2 - h_2 + h_2$$

$$\frac{p_0}{p_2} = 1 + \frac{-h_1}{p_2} \quad (4)$$

$$\frac{p_2}{p_2} = 1 + \frac{-h_2 + h_2}{p_2} \quad (5)$$

Подставив (4) и (5) в (3) и разложив логарифмы в ряд по степеням

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \dots$$

В нашем случае, так как

$$x_1 = \frac{-h_1}{p_1} \ll 1 \quad \text{и} \quad x_2 = \frac{h_2 - h_1}{p_1} \ll 1$$

можно ограничиться только первым членом разложения, тогда окончательно получим:

$$\delta = \frac{\frac{-h_1}{p_1}}{\frac{-h_1 + h_2}{p_1}} = \frac{-h_1}{-h_1 + h_2}; \quad \delta = \frac{h_1}{h_2 - h_1}$$

Опыт.

При закрытом кране к насосу накачивается воздух в сосуд А до тех пор, пока манометр не покажет разности давлений между воздухом внутри сосуда и наружным 30-40 см водяного столба. Затем закрывают трубку и зажимают и ждут пока воздух в сосуде не примет температуру наружного воздуха, это наступит тогда, когда давление в сосуде А, а следовательно, и разности уровней жидкости в манометре перестанут изменяться. Затем открывают кран и держат его открытым до тех пор, пока не прекратится свист выходящего воздуха, а потом уже его быстро закрывают. После этого снова начинают наблюдать за уровнями. Отсчет устанавливается разности уровней (h_1) и (h_2) производится при помощи зеркального шкала во избежание ошибки от парения. Наблюдения записываются в соответствующую таблицу.

Вывод.

№ опыта	1	2	3	4	5
P_1 , мм	411	414	418	442	436
P_2 , мм	122	134	144	126	128
δ	1,42	1,47	1,53	1,40	1,42
$\delta_{\text{среднее}}$	1,45				

$$\delta = \frac{p_1}{p_1 - p_2}$$

Расчет погрешностей.

$$\delta = \frac{p_1}{p_1 - p_2}$$

$$\Delta p = 10 \text{ Па} = 2 \text{ ммв}$$

$$\Delta x_i = |x_{\text{среднее}} - x_i|$$

$$\Delta x_{\text{ср}} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \Delta x_4 + \Delta x_5}{5} \approx 0,042$$

$$\Delta x = \sqrt{(\Delta x_{\text{ср}})^2 + \left(\frac{\Delta p}{580}\right)^2}$$

$\Delta = 580 \text{ ммв}$ - общее разнур
интенсив.

$\Delta x_i = x_{\text{среднее}} - x_i $		x	$\Delta p, \text{ммв}$
1	0,03	1,42	1
2	0,02	1,44	
3	0,08	1,53	
4	0,05	1,40	
5	0,03	1,42	

$$\Delta x = \sqrt{(\Delta x_{\text{ср}})^2 + \left(\frac{\Delta p}{580}\right)^2} \approx 0,042$$

Вывод: По всем опытам по определению отношения удельной теплоемкости воздуха:

$$x \approx (1,450 \pm 0,042)$$

по табличным данным при $t = 20^\circ \text{C}$ - $x = 1,40$.

То есть, даже с учетом погрешности, экспериментальное значение отличается.

Возможно, установка не даёт / только резонанс значения адисбата. Так как при открытии клапана, воздух, почти мгновенно выходит из ёмкости, из-за чего сразу закрыв клапан после "сдвига" очень сложно.

12.05.21