



### ЦЕЛЬ ОПЫТА

Определение показателя адиабаты  $C_p/C_v$  для воздуха методом Рейхардта

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

В этом опыте алюминиевый поршень внутри изготовленной с высокой точностью стеклянной трубки, выходящей вертикально из верхней части стеклянного сосуда, совершает простое гармоническое колебательное движение на воздушной подушке, образованной воздухом, который находится в трубке. По периоду колебаний поршня можно рассчитать показатель адиабаты.

### НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Бутыль Мариотта	U14327
1	Колебательная трубка	U14328
1	Механический секундомер на 15 мин	U40801
1	Ручной вакуумный насос	U205001
<b>Дополнительно рекомендуется иметь:</b>		
1	Барометр-анероид типа F	U29948
1	Штангенциркуль, 150 мм	U10071
1	Электронные весы, 200 г	U42060

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Измерение периода колебаний алюминиевого поршня.
- Определение давления равновесия в замкнутом объеме воздуха.
- Определение показателя адиабаты воздуха и сравнение полученного результата со значением, указанным в литературе.

2

### ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

В классическом опыте, изначально поставленном Рейхардтом, можно определить показатель адиабаты для воздуха по вертикальным колебаниям поршня, покоящегося на воздушной подушке внутри стеклянной трубки, имеющей постоянное поперечное сечение. Сам поршень плотно прилегает к стенкам трубки и образует воздухонепроницаемое уплотнение. Выведение поршня из его положения равновесия вызывает расширение или сжатие воздуха внутри трубки, что приводит к тому, что давление внутри становится выше или ниже атмосферного давления, которое стремится вернуть поршень в его положение равновесия. Эта возвращающая сила пропорциональна отклонению из положения равновесия, что означает, что поршень совершает простое гармоническое колебание.

Поскольку теплообмен с окружающей средой отсутствует, эти колебания связаны с адиабатическим изменением состояния. Приведенное ниже уравнение описывает взаимосвязь между давлением  $p$  и объемом  $V$  заключенного в трубке воздуха:

$$(1) \quad p \cdot V^\gamma = \text{const.}$$

Показатель адиабаты  $\gamma$  представляет собой отношение удельной теплоемкости при постоянном давлении  $C_p$  и удельной теплоемкости при постоянном объеме  $C_v$ :

$$(2) \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

Из уравнения (1) можно получить следующую взаимосвязь изменений давления и объема,  $\Delta p$  и  $\Delta V$

$$(3) \quad \Delta p + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot \Delta V = 0.$$

Подставив площадь внутреннего поперечного сечения  $A$  трубки, можно рассчитать возвращающую силу  $\Delta F$  по изменению давления. Аналогично, отклонение поршня от его положения равновесия можно определить по изменению объема.

Следовательно, справедливо следующее выражение:

$$(4) \quad \Delta F = -\gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0.$$

Отсюда получаем уравнение движения колеблющегося поршня:

$$(5) \quad m \cdot \frac{d^2 \Delta s}{dt^2} + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0$$

$m = \text{масса поршня}$

Решениями этого классического уравнения движения для простых гармонических колебаний являются колебания со следующим периодом:

$$(6) \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{V \cdot m}{p \cdot A^2}}$$

Отсюда можно рассчитать показатель адиабаты, если другие параметры известны.

В этом опыте изготовленная с малым допуском стеклянная трубка небольшого поперечного сечения  $A$  устанавливается вертикально в отверстие в пробке стеклянного сосуда большого объема  $V$ , а подходящий алюминиевый поршень известной массы  $m$  может скользить вверх и вниз внутри этой трубки. Этот алюминиевый поршень совершает простое гармоническое колебательное движение, находясь на воздушной подушке, образованной воздухом в замкнутом объеме. По периоду колебаний поршня можно рассчитать показатель адиабаты.

### ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Объем в состоянии равновесия  $V$  соответствует объему сосуда с газом, поскольку объем трубки достаточно мал и его можно не учитывать.

$$\gamma = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{m \cdot V}{A^2 \cdot p}$$

Давление в состоянии равновесия  $p$  получается из наружного давления воздуха  $p_0$  и давления, создаваемого алюминиевым поршнем на воздух в замкнутом объеме в его состоянии покоя:

$$p = p_0 + \frac{m \cdot g}{A}, \text{ где } g = \text{ускорение свободного падения}$$

Тогда ожидаемый результат будет  $\gamma = \frac{7}{5} = 1,4$ , так как воздух в основном

состоит из двухатомных молекул с 5 степенями свободы для поглощения тепловой энергии.

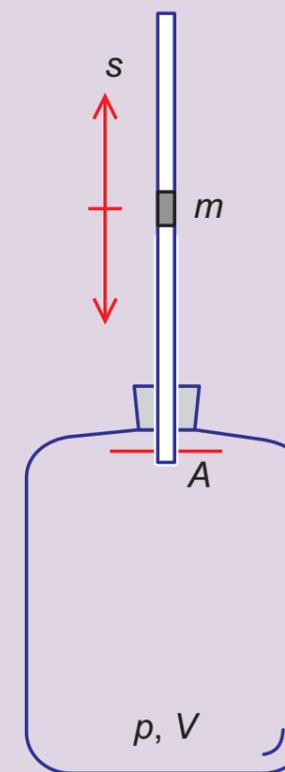


Рис. 1: Схема установки для проведения опыта