

# Расширение воздуха при постоянном давлении



Физика

Механика

Механика жидкостей и газов

Физика

Термодинамика

Температура и теплопроводимость

Физика

Термодинамика

Кинетика и газовые законы

Химия

Общая химия

Стойхиометрия



Уровень сложности

средний



Размер группы

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

10 Минут

**PHYWE**  
excellence in science

# Информация для учителей

## Описание

**PHYWE**  
excellence in science

Экспериментальная  
установка

Нагревание объема воздуха может привести как к увеличению объема, так и к повышению давления. В этом эксперименте давление должно поддерживаться постоянным, чтобы наблюдать увеличение объема.

## Дополнительная информация для учителей (1/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Предварительные знания



Обязательным условием является безопасное обращение с горелкой Бунзена.

### Принцип



Нагревание веществ может привести как к увеличению объема при постоянном давлении, так и к увеличению давления при постоянном объеме. Газы при нагревании расширяются больше, чем жидкости. В этом эксперименте учащиеся наблюдают расширение объема воздуха при неизменном давлении.

## Дополнительная информация для учителей (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Цель



Необходимо продемонстрировать и измерить расширение воздуха при нагревании. Кроме того, этот процесс можно охарактеризовать, определив коэффициент объемного расширения воздуха.

### Задачи



Учащиеся должны нагреть воздух в закрытой системе (колба Эрленмейера) и поддерживать постоянное давление с помощью манометра. Расширение нагретого воздуха необходимо измерять по уровню жидкости на манометре, чтобы рассчитать зависимость между температурой и объемом воздуха.

В дополнительной задаче рассчитывается коэффициент объемного расширения и сравнивается с величиной, обратной абсолютной температуре.

## Указания по технике

**PHYWE**  
excellence in science

Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

Чтобы упростить вставку термометров и стеклянных трубок в пробки и избежать травм осколками стекла, стеклянные детали необходимо предварительно натереть небольшим количеством глицерина. Перед измерениями необходимо удалить излишки глицерина, иначе он может повлиять на поведение анализируемых веществ.

**PHYWE**  
excellence in science

## Информация для учеников

## Мотивация

**PHYWE**  
excellence in science

Спущенная шина велосипеда

### Почему велосипедные шины иногда лопаются в жаркий летний день?

Когда газ (воздух - это смесь газов) нагревается, то он, если может, расширяется. При этом объем воздуха увеличивается, и он занимает больше места. Внутренняя трубка велосипеда может вмещать только ограниченное количество воздуха, и если объем воздуха становится слишком большим, трубка может лопнуть.

Часто шины накачиваются наглухо в прохладном подвале, но затем, попадая на жаркое солнце, лопаются.

## Задачи

**PHYWE**  
excellence in science

Экспериментальная установка

Измерьте расширение объема воздуха при нагревании, если давление остается постоянным (равным внешнему давлению воздуха). Опишите ход кривой измеренных значений и сделайте вывод о зависимости между объемом и температурой воздуха.

В дополнительной задаче необходимо рассчитать коэффициент объемного расширения.

## Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Основа штатива, PHYWE	02001-00	1
2	Штативный стержень, нерж. ст., l=250 мм, d = 10 мм	02031-00	1
3	Штативный стержень, нерж. ст., l=600 мм, , d = 10 мм	02037-00	2
4	Двойная муфта	02043-00	1
5	Держатель для стеклянной трубки	05961-00	1
6	Кольцо с зажимом, внутр. диам. 10 см	37701-01	1
7	Проволочная сетка с керамикой, 160x160 мм	33287-01	1
8	Универсальный зажим	37715-01	1
9	Стержень - мешалка	04404-10	1
10	Мензурка, низкая, 100 мл, пластмасса	36011-01	1
11	Мензурка, низкая, 400 мл,	46055-00	1
12	Колба Эрленмейера, 100 мл SB 29	MAU-EK17082301	1
13	Стеклянные трубки, прямые, d=8 мм, l=80 мм, 10 шт.	36701-65	1
14	Стеклянные трубки, d=8 мм, l=250 мм, 10 шт.	36701-68	1
15	Резиновая пробка, d=32/26 мм, с 1 отверстием, 7 мм	39258-01	1
16	Силиконовые трубки, внутренний d=7 мм	39296-00	1
17	Учебный термометр, -10...+110 °C	38005-10	1
18	Рулетка, l=2 м	09936-00	1
19	Горелка LABOGAZ 206, бутан	32178-00	1
20	Бутановый картридж, без вентиля, 190 г	47535-01	1
21	Глицерин, 99%, 250 мл	30084-25	1

## Дополнительные материалы

**PHYWE**  
excellence in science

позиция материал количество

1	Ножницы	1
2	Спички	1
3	Фломастер	1

## Подготовка (1/6)

**PHYWE**  
excellence in science

1. Поместите горелку Бунзена в основание горелки и установите ее так, чтобы она не шаталась (рис. 1 + 2).
2. Соедините две половинки основания штатива с помощью короткого штативного стержня (рис. 3).



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

## Подготовка (2/6)

**PHYWE**  
excellence in science

3. Скрутите вместе половинки двух длинных штативных стержней (рис. 4).
4. Прикрепите штативные стержни к половинкам основания штатива и зафиксируйте их на месте с помощью винтов (рис. 5).
5. Прикрепите один над другим к штативному стержню кольцевой держатель с проволочной сеткой и универсальный зажим с помощью двойной муфты (рис. 6).
6. Установите под проволочную сетку газовую горелку и прикрепите ко второму штативному стержню держатель стеклянных трубок (рис. 7)



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

## Подготовка (3/6)

**PHYWE**  
excellence in science

7. Прикрепите рулетку к держателю стеклянной трубки (рис. 8).
8. Соберите U-образный манометр из двух стеклянных трубок длиной 250 мм и куска силиконовой трубки (длиной примерно 50 см) и закрепите его в держателе стеклянной трубки с ножками разной высоты (рис. 9 + 10).



Рис. 8

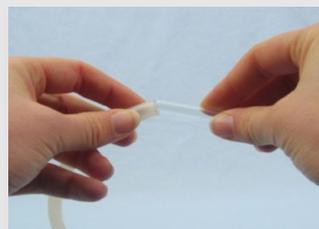


Рис. 9

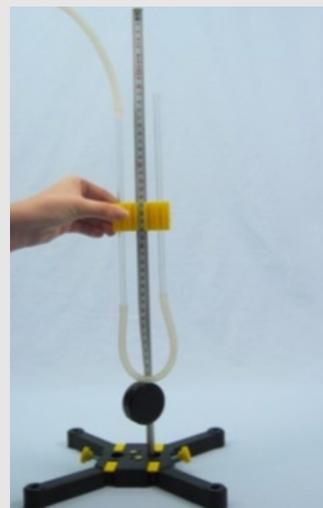


Рис. 10

## Подготовка (4/6)

**PHYWE**  
excellence in science



Рис. 11



Рис. 12

9. Вставьте маленькую стеклянную трубку в резиновую пробку и осторожно закройте колбу Эрленмейера пробкой (рис. 11 + 12).

10. С помощью маленькой мензурки наполняйте манометр до тех пор, пока вода в ножке *b* не окажется чуть ниже стеклянной трубки (примерно 0,5 см). (рис. 13).



Рис. 13

## Подготовка (5/6)

**PHYWE**  
excellence in science

11. Поместите колбу Эрленмейера в мензурку объемом 400 мл и закрепите ее универсальным зажимом так, чтобы она находилась как можно глубже (рис. 14).

12. Затем полностью наполните мензурку объемом 400 мл водой (рис. 15).



Рис. 14



Рис. 15

## Подготовка (6/6)

**PHYWE**  
excellence in science

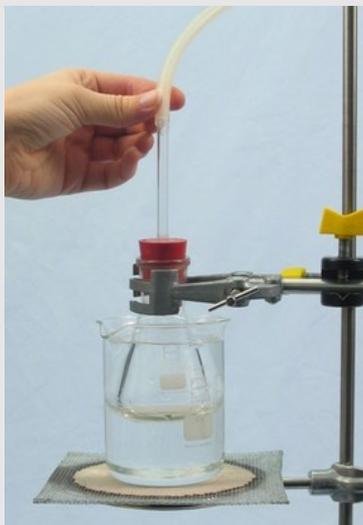
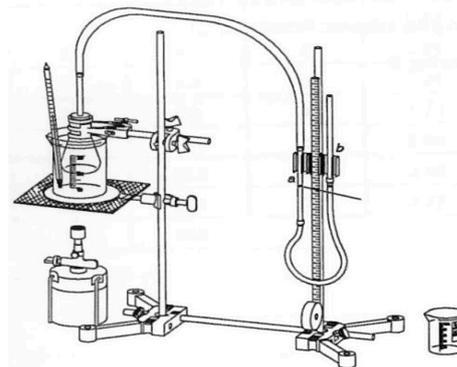


Рис. 16

13. Подсоедините стеклянную трубку в пробке через трубку (длиной около 50 см) к ножке *a* манометра (рис. 16).

14. Готовая экспериментальная установка должна выглядеть, как показано на рисунке справа.



## Выполнение работы (1/3)

**PHYWE**  
excellence in science

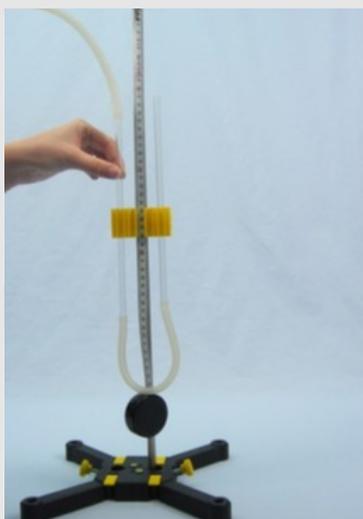


Рис. 17

1. Запишите начальную температуру  $\vartheta_0$  воды в мензурке в таблицу в протоколе.

2. Установите уровни воды на одинаковую высоту в ножках *a* и *b* (давление в колбе Эрленмейера равно внешнему давлению воздуха (рис. 17).

3. Отметьте уровень воды в ножке *a* фломастером (рис. 18).

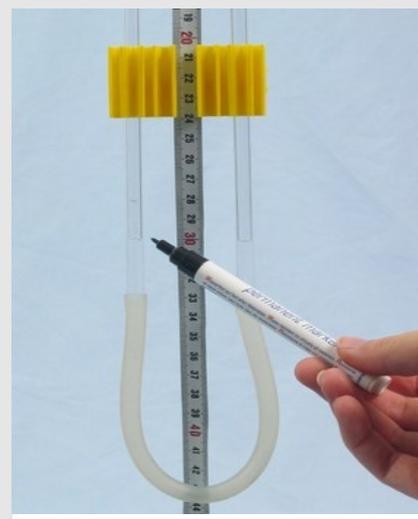


Рис. 18

## Выполнение работы (2/3)

**PHYWE**  
excellence in science

4. Нагрейте воду на короткое время (прибл. 15 с), а затем снимите горелку (температура должна повыситься только на 1 °С, если возможно).

5. Тщательно перемешивайте воду в течение 1-2 минут, чтобы воздух в колбе Эрленмейера приобрел температуру воды (рис. 19).

6. Запишите температуру воды в таблицу в протоколе.

**Внимание!** Когда вода нагревается, кольцо штатива и проволочная сетка сильно нагреваются!

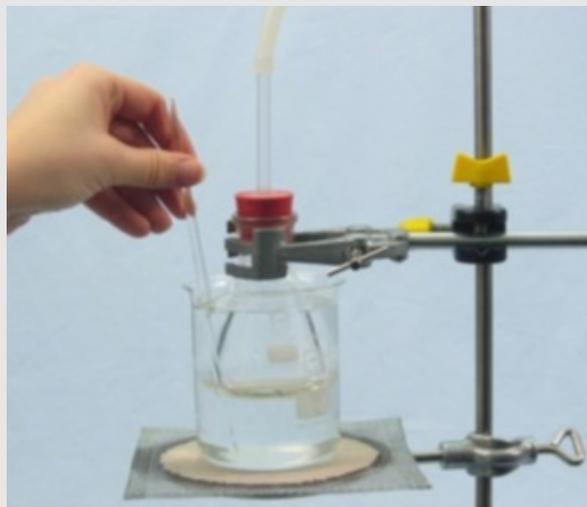


Рис. 19

## Выполнение работы (3/3)

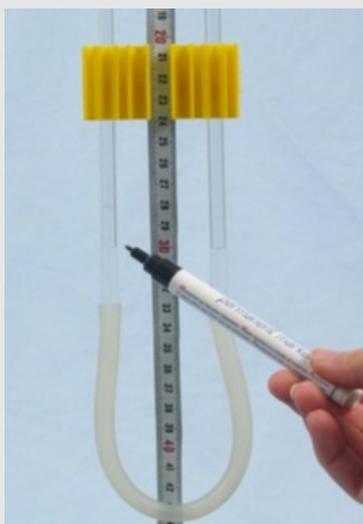
**PHYWE**  
excellence in science

Рис. 20

7. Установите уровень воды на обеих ножках манометра на одинаковую высоту (опустите колено  $b$  вниз).

8. Измерьте расстояние  $\Delta l$  на участке  $a$  от отметки до уровня воды и запишите их в таблицу (рис. 20).

9. Продолжайте нагревать воздух с шагом в 1 °С и определите дальнейшие значения для  $\Delta l$  в зависимости от температуры.

**PHYWE**  
excellence in science

# Протокол

## Наблюдение

**PHYWE**  
excellence in science

Какова начальная температура  $\vartheta_0$  (°C)?



## Результаты (1/2)

1. Запишите показания для  $\Delta l$  в таблицу.
2. Вычислите разность температур  $\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_0$  и введите ее в таблицу.
3. Вычислите изменение объема  $\Delta V = (d/2)^2 \cdot \pi \cdot \Delta l$  запишите его в таблицу, где  $d = 0,5$  см - внутренний диаметр стеклянной трубки.

## Результаты (2/2)

$\vartheta$  (C°)     $\Delta l$  (см)     $\Delta\vartheta$  (C°)     $\Delta V$  (см<sup>3</sup>)

$\vartheta$ (C°)	$\Delta l$ (см)	$\Delta\vartheta$ (C°)	$\Delta V$ (см <sup>3</sup> )

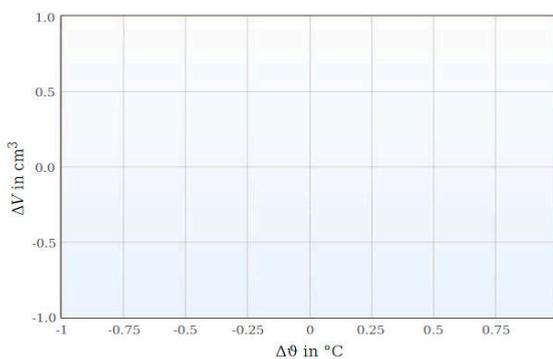
$\vartheta$  (C°)     $\Delta l$  (см)     $\Delta\vartheta$  (C°)     $\Delta V$  (см<sup>3</sup>)

$\vartheta$ (C°)	$\Delta l$ (см)	$\Delta\vartheta$ (C°)	$\Delta V$ (см <sup>3</sup> )

## Задание 1

**PHYWE**  
excellence in science

Нарисуйте на листе бумаги систему координат на основе приведенного ниже примера и занесите на график измеренные значения  $\Delta V$  и  $\Delta \vartheta$ .



## Задание 2

**PHYWE**  
excellence in science

Определите объем воздуха  $V_0$  в колбе Эрленмейера (до пробки), наполняя ее водой (мл).



### Задание 3

Расширение воздуха при постоянном давлении описывается следующей формулой:

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta \vartheta.$$

Вычислите коэффициент объемного расширения  $\gamma$  по измеренным значениям на диаграмме:

$$\gamma = \boxed{\phantom{000000}} \cdot 10^{-3} (\text{°C})^{-1}$$

### Задание 4

Какова зависимость между изменением объема ( $\Delta V$ ) и изменением температуры ( $\Delta \vartheta$ ) (см. задание 1)?

- Экспоненциальная
- Варьируется в зависимости от начальной температуры
- Линейная

Проверьте

## Задание 5

Сколько К соответствует температуре 20 °C?

267,15 К

293,15 К

281,15 К

Проверьте

## Задание 6

Преобразуйте начальную температуру  $\vartheta_0$  в градусы Кельвина ( $T_0$ ) и получите отношение  $1/T_0$

Какая связь между числовыми значениями  $\gamma$  и  $1/T_0$  ?

Они взаимно дополняют друг друга

Примерно одинакового размера

$\gamma$  является корнем из  $1/T_0$

Проверьте

## Задание 7

Что влияет на давление воды в манометре?

- Давление воздуха
- Высота водяного столба
- Общая масса воды

✓ Проверьте

Слайд	Оценка/Всего
Слайд 27: Взаимосвязь между объемом и изменением температуры	0/1
Слайд 28: Пересчет из К в °C	0/1
Слайд 29: Соотношение $\gamma$ на $1/T_0$	0/1
Слайд 30: Влияние на давление воды	0/2

Всего  0/5

 Решения

 Повторите

 Экспорт текста