

Закон Бойля-Мариотта



Физика

Механика

Механика жидкостей и газов

Физика

Термодинамика

Кинетика и газовые законы

Химия

Общая химия

Стоихиометрия



Уровень сложности

лёгкий



Кол-во учеников

1



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

10 Минут

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f4f5bb338db8d000326600c>

PHYWE

Информация для учителей

Описание

PHYWE



Экспериментальная установка для исследования закона Бойля-Мариотта

Закон Бойля - Мариотта назван в честь физиков Роберта Бойля и Эдме Мариотта. Они независимо друг от друга открыли этот закон.

Закон гласит, что давление идеального газа при постоянной температуре и количестве вещества пропорционально обратно его объему.

$$p \sim \frac{1}{V}$$

Повышение давления газа уменьшает его объем. Если давление снова понижается, газ расширяется.

$$p \cdot V = \text{const.} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Описание

PHYWE



Экспериментальная установка для исследования закона Бойля-Мариотта

Закон Бойля - Мариотта назван в честь физиков Роберта Бойля и Эдме Мариотта. Они независимо друг от друга открыли этот закон.

Закон гласит, что давление идеального газа при постоянной температуре и количестве вещества пропорционально обратно его объему.

$$p \sim \frac{1}{V}$$

Повышение давления газа уменьшает его объем. Если давление снова понижается, газ расширяется.

$$p \cdot V = \text{const.} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Дополнительная информация для учителей (1/2)

PHYWE

предварительные знания



Принцип



Студенты уже должны были получить базовые знания о давлении и объеме.

Принцип, разработанный в этом эксперименте, также называется "Закон Бойля-Мариотта". Это основано на том, что давление, создаваемое идеальным газом при постоянной температуре, обратно пропорционально его объему. Молекулы газа при постоянной температуре отталкиваются друг от друга сильнее, если объем уменьшается.

Дополнительная информация для учителей (2/3)

PHYWE

Цель



Учащиеся должны продемонстрировать на U-образной трубке, изготовленной из шланга и стеклянных трубок, что продукт давления и объема является постоянным.

Задачи



Для этого они измеряют разность высот между уровнями воды при изменении преобладающего давления и уточняют соотношение путем расчетов и графического изображения.

Дополнительная информация для учителей (3/3)

PHYWE

Примечания

- Численно, давление воздуха выражается в hPa равнозначно значению в $mbar$. hPa или N/m^2 соответствует системе СИ: $1 Pa = 1 N/m^2$.
- Формула $p \cdot V = const.$ закона Бойля-Мариотта, применяется только при постоянной температуре (например, при постоянной комнатной температуре).
- В обоих случаях перепад высот должен быть использован полностью. Только тогда изменения давления и объема становятся достаточно большими, чтобы действительно доказать закон Бойля-Мариотта.
- Атмосферное давление воздуха p_0 должно быть считано учениками с барометра или указано учителем. Если ни то, ни другое невозможно, то $p_0 = 1013 hPa$ нужно уточнить.

Инструкции по технике безопасности

PHYWE



К этому эксперименту применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов на уроках по естественным наукам.

PHYWE



Информация для студентов

Мотивация

PHYWE



передняя шина велосипеда

Чтобы накачать шину на велосипеде, нужно заполнить внутреннюю камеру шины воздухом с помощью насоса. Эта внутренняя камера имеет определенный максимальный объем, и в определенный момент становится заметно труднее пропустить в шину больше воздуха, так как давление в шине увеличивается. Давление возрастает, так как объем трубки ограничен, и поэтому воздух должен быть сжат. Однако сначала объем в насосе должен быть сжат настолько, чтобы было превышено текущее давление в камере за клапаном.

В этом эксперименте вы исследуете связь между давлением и объемом газа.

Материал

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Основа штатива, PHYWE	02001-00	1
2	Штативный стержень, нерж. ст., с резьбой, l = 600 мм, d = 10 мм	02035-00	1
3	Штативный стержень, нерж. ст., l=250 мм, d = 10 mm	02031-00	1
4	Стеклянные трубки, d=8 мм, l=250 мм, 10 шт.	36701-68	1
5	Поливинилхлоридный шланг, внутрен. d=7 мм, l=1 м	03985-00	2
6	Держатель для стеклянной трубки	05961-00	1
7	Мензурка, низкая, 100 мл, пластмасса	36011-01	1
8	Шприц,	02591-10	1
9	Резиновые колпачки	43903-01	1
10	Рулетка, l=2 м	09936-00	1
11	Штангенциркуль с нониусом, пластмасса	03011-00	1

Материал

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Основа штатива, PHYWE	02001-00	1
2	Штативный стержень, нерж. ст., с резьбой, l = 600 мм, d = 10 мм	02035-00	1
3	Штативный стержень, нерж. ст., l=250 мм, d = 10 mm	02031-00	1
4	Стеклянные трубки, d=8 мм, l=250 мм, 10 шт.	36701-68	1
5	Поливинилхлоридный шланг, внутрен. d=7 мм, l=1 м	03985-00	2
6	Держатель для стеклянной трубки	05961-00	1
7	Мензурка, низкая, 100 мл, пластмасса	36011-01	1
8	Шприц,	02591-10	1
9	Резиновые колпачки	43903-01	1
10	Рулетка, l=2 м	09936-00	1
11	Штангенциркуль с нониусом, пластмасса	03011-00	1

Материал

PHYWE

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Основа штатива, PHYWE	02001-00	1
2	Штативный стержень, нерж. ст., с резьбой, l = 600 мм, d = 10 мм	02035-00	1
3	Штативный стержень, нерж. ст., l=250 мм, d = 10 mm	02031-00	1
4	Стеклянные трубки, d=8 мм, l=250 мм, 10 шт.	36701-68	1
5	Поливинилхлоридный шланг, внутрен. d=7 мм, l=1 м	03985-00	2
6	Держатель для стеклянной трубки	05961-00	1
7	Мензурка, низкая, 100 мл, пластмасса	36011-01	1
8	Шприц,	02591-10	1
9	Резиновые колпачки	43903-01	1
10	Рулетка, l=2 м	09936-00	1
11	Штангенциркуль с нониусом, пластмасса	03011-00	1

Подготовка (1/4)

PHYWE

Соедините две половины основы штатива со штативом длиной 250 мм и закрепите его. Скрутите разделенный штативный стержень в один длиной 600 мм.

Вставьте штативный стержень длиной 600 мм в переднюю части основы штатива и зафиксируйте его винтом.



Сборка основы штатива



Скручивание штативных стержней



Сборка штатива и фиксация штативных стержней

Подготовка (2/4)

PHYWE



Прикрепить держатель для стеклянной трубки к штативному стержню

Зафиксируйте держатель для стеклянной трубки на длинном штативном стержне.

Затем закрепите рулетку в держателе для стеклянной трубки.



Прикрепить рулетку к держателю для стеклянной трубки

Подготовка (3/4)

PHYWE



Сборка U-образной трубки

Соберите U-образную трубку из стеклянных трубок и шланга. Длина шланга должна быть более 1,5 м.

- Закрепите U-образную трубку как можно выше на штативе.
- При необходимости используйте немного глицерина для соединения стеклянных трубок с шлангом

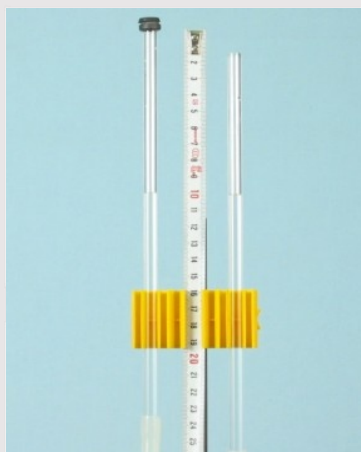
Заполните U-образную трубку водой с помощью шприца (в виде воронки) до тех пор, пока две стеклянные трубки будут заполнены наполовину.



Наполнение U-образной трубки водой

Подготовка (4/4)

PHYWE



Поместите резиновый колпачок на U-образную трубку

Прочно наденьте резиновый колпачок на левую стеклянную трубку.

Отрегулируйте U-образную трубку так, чтобы вода в обеих стеклянных трубках была на одном уровне.

Отметьте уровень воды в левой стеклянной трубке фломастером.



Маркировка уровня воды

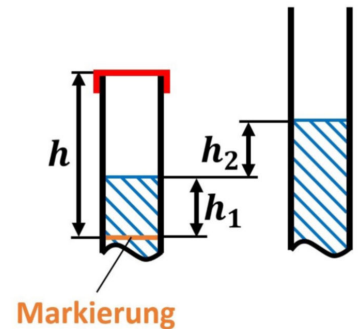
Выполнение работы (1/3)

PHYWE



Измерение внутреннего диаметра d_i

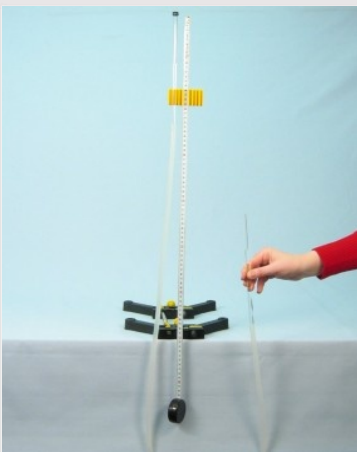
- Измерьте внутренний диаметр стеклянных трубок d_i штангенциркулем.
- Измерьте давление воздуха p_0 или получите данное значение от учителя.
- Измерьте высоту h воздушного столба над отметкой в левой стеклянной трубке.
- Запишите измеренные значения в протокол.



Измерение высоты h воздушного столба

Выполнение работы (2/3)

PHYWE



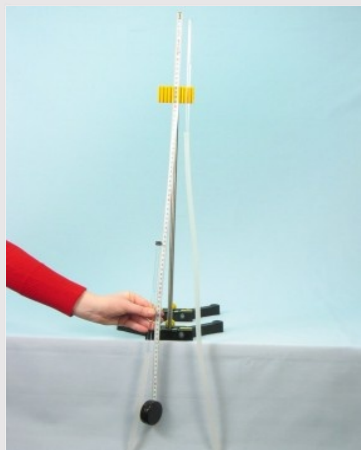
Опускание правой стеклянной трубки

Снижение давления в герметичном объеме:

- Выньте правую стеклянную трубку из держателя и шаг за шагом опускайте ее до пола.
- Обращайте внимание на каждую высоту h_1 (расстояние уровня воды в левой стеклянной трубке от отметки) высота h_2 (расстояние до уровня воды в правой и левой стеклянной трубке).
- Проведите 6 измерений и внесите значения в протокол в таблицу 2.

Выполнение работы (3/3)

PHYWE



Опускание левой
стеклянной трубки

Повышение давления в закрытом объеме:

- Закрепите правую стеклянную трубку обратно в держателе, выньте левую и опускайте ее шаг за шагом до пола, как раньше.
- Запишите еще раз для каждой высоты h_1 (расстояние уровня воды в левой стеклянной трубке от отметки) и высоты h_2 (расстояние до уровня воды в правой и левой стеклянной трубке).
- Еще раз проведите 6 измерений и внесите значения в протокол в таблицу 3.

PHYWE

Протокол

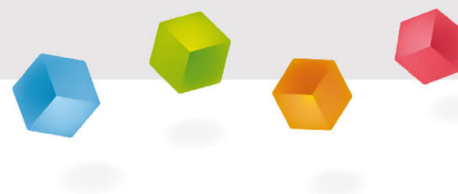


Таблица 1

PHYWE

Сначала запишите измеренное значение для тестовых констант.

 $h =$

 $d_i =$

 $p_0 =$

Примечания к таблицам 2 и 3:

Рассчитать объём V в зависимости от количества газа:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot (h \pm h_1) \quad \text{с} \quad r = \frac{d_i}{2}$$

(+ для понижения давления, – для повышения давления)

Рассчитать давление p в герметичном объеме газа в соответствии с:

$$p = p_0 \mp h_2 \cdot g \cdot \rho \quad \text{с} \quad g = 9,81, ms^2, \quad \frac{\rho}{=} 1, gcm^3$$

(– для понижения давления, + для повышения давления)

Таблица 2 (Понижение давления)

PHYWE

$h_1 [cm] \quad h_2 [cm] \quad V [cm^3] \quad p [hPa] \quad p \cdot V [hPa \cdot cm^3]$

Внесите измеренные значения для эксперимента с понижением давления в таблицу.

Рассчитайте соответствующие давления и объемы. Определите продукт для каждой пары измеренных значений $p \cdot V$ и внесите в таблицу.

Таблица 3 (повышение давления)

PHYWE

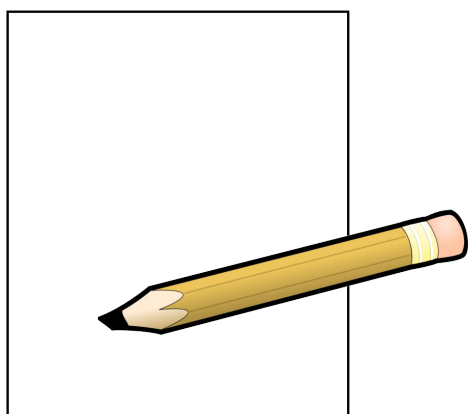
 $h_1 [cm]$ $h_2 [cm]$ $V [cm^3]$ $p [hPa]$ $p \cdot V [hPa \cdot cm^3]$

Внесите измеренные значения для эксперимента по увеличению давления в таблицу.

Рассчитайте соответствующие давления и объемы. Определите продукт для каждой пары измеренных значений $p \cdot V$ и внесите в таблицу.

Задача 1

PHYWE



Теперь возьмите лист бумаги и начертите на нем диаграмму.

На этой диаграмме изображается давление p (y -ось) в зависимости от объема V (x -Ось).

Задача 2

PHYWE

Рассмотрим ход результирующей кривой для диаграммы пар значений давления p и объёма V . Какую функцию имеет данная кривая?

☐ Экспоненциальная функция.

☐ Параболическая функция.

☐ Постоянная функция.

☐ Линейная функция.

✓ Проверить

Задача 3

PHYWE

Проанализируйте значения для $p \cdot V$ в таблицах 2 и 3, что вы можешь сказать?

☐ Продукты p и V неуклонно растут.

☐ Продукты p и V неуклонно снижаются.

☐ Продукты p и V всегда одни и те же.

✓ Проверить

Задача 4

PHYWE

Какая формула описывает зависимость p и V .

☐ $p \cdot V = \text{const.}$

☐ $p \cdot V = \rho \cdot g \cdot h$

☐ $p \cdot V = m \cdot g \cdot h$

✓ Проверить