

9 класс

Молярная масса воздуха

В этой задаче нужно оценивать погрешности!

Оборудование. Прозрачное ведро с закрепленной металлической линейкой; второе ведро; мерный стакан; два стакана по 0.5 л; вода; резиновый воздушный шарик с клапаном; манометр; электронные весы; салфетки.

Замечание 1. Не надувайте шарик без необходимости! Рекомендуется обойтись одним надуванием в соответствии с прописанными в условии указаниями.

Замечание 2. При погружении шарика в воду следите за тем, чтобы свободный конец подсоединенной к нему трубочки, а также место стыка шарика и трубочки оставались выше поверхности воды.

Задание.

Теоретическое введение.

В задаче вы будете исследовать воздух внутри воздушного шарика. Воздух — это смесь разных газов, которую можно рассматривать как один газ с эквивалентными свойствами.

Состояние газа описывается четырьмя параметрами:

- Давлением (p , кПа)
- Объёмом (V , м³)
- Количество вещества $\left(\nu = \frac{m}{\mu}, \text{ моль} \right)$, где m — масса газа [г]; μ — молярная масса газа [г/моль]. Одним молем любого вещества называют определенное число ($N_a = 6.02 \cdot 10^{23}$ шт/моль — число Авогадро) его молекул. Соответственно, молярная масса газа — суммарная масса такого числа молекул этого газа.
- Температурой (T , К). Температура в описании термодинамических систем отсчитывается по шкале Кельвина. Для перевода температуры в градусах Цельсия в температуру в градусах Кельвина просто прибавьте к значениям температуры 273 градуса.

Воздух в условиях нашей задачи подчиняется уравнению Менделеева-Клапейрона, которое связывает эти четыре параметра:

$$pV = \nu RT \tag{1}$$

или

$$pV = \frac{m}{\mu}RT, \quad (2)$$

где R — газовая постоянная, которая равна 8.31 Дж/(К·моль). Атмосферное давление обозначим p_0 .

Задание.

Часть 1. Масса шарика.

Измерьте массу оболочки резинового шарика с клапаном.

Часть 2. Экспериментальная

Надуйте шарик до максимального объема. Измерьте объем шарика. Опишите подробно способ измерения объема. С помощью манометра измерьте избыточное давление в шарике в килопаскалях (кПа). Манометр показывает разность давления внутри шарика и атмосферного давления. Взвесьте шарик на весах.

Повторите измерения объема, давления и показаний весов не менее, чем для 7 различных значений объема, постепенно выпуская воздух из шарика.

Часть 3. Теоретическая.

Масса, измеренная весами в Части 2, отличается от массы шарика без газа. Это изменение обусловлено двумя силами: силой тяжести воздуха внутри шарика и силой Архимеда, действующей на шарик.

Выразите силу тяжести, действующую на воздух внутри шарика, через объем воздуха V , его молярную массу μ , давление p в шарике и температуру T .

Выразите силу Архимеда, действующую на шарик, через объем воздуха, его молярную массу μ , атмосферное давление p_0 и температуру T .

Запишите выражение, которое связывает массу, измеряемую весами в Части 2; массу оболочки шарика с клапаном; объем шарика V ; избыточное давление в шарике Δp (то, что измеряет манометр) и температуру T .

Часть 4. Обработка.

Постройте график зависимости показаний весов при взвешивании шарика от произведения дополнительного давления в шарике Δp на его объем V . Аппроксимируйте точки на графике линейной функцией. Из какой точки должен быть проведен график? Определите k — угловой коэффициент аппроксимирующей прямой. Из углового коэффициента определите молярную массу воздуха μ . Температуру воздуха внутри и снаружи шарика примите равной $T = 25$ С°.