

Работа 2.7

Исследование распределения частиц в поле силы тяжести

Оборудование: термометр, ПЭВМ.

Введение

Если в барометрическую формулу $p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$ или $p = p_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$ подставить величины P и p_0 из *основного уравнения кинетической теории газов* ($p = nkT$), то после преобразования получим, что концентрация частиц n на высоте h над поверхностью выражается формулами:

$$n = n_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}} \text{ или } n = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}},$$

где n_0 — концентрация частиц на высоте $h = 0$, m — масса молекулы, k — постоянная Больцмана, M — молярная масса газа, g — ускорение силы тяжести, R — молярная газовая постоянная, T — температура газа.

Полученные зависимости показывают, что количество частиц n в единице объема в поле силы тяжести зависит от высоты h , молярной массы M газа (массы m молекулы) и его температуры T .

Исследование распределения частиц состоит из двух частей. Сначала необходимо исследовать, как влияет значение молярной массы M газа на распределение молекул при $T = \text{const}$, а затем для выбранного газа необходимо исследовать влияние температуры на распределение молекул.

Для упрощения исследований в работе рассчитывается не концентрация частиц n на определенной высоте h , а их доля (или относительная часть) $z = n/n_0$ по сравнению с числом у поверхности Земли.

Порядок выполнения работы

1. При помощи клавиш \square , \updownarrow переведите курсор на программу «blctmb» и нажмите клавишу «Ввод». Через некоторое время на экране появится название лабораторной работы. Начните ее выполнение.

2. Выберите минимальную h_{\min} и максимальную h_{\max} высоту (в метрах) и шаг изменения высоты dh .

3. Измерьте комнатную температуру T и переведите ее в кельвины.

4. Выберите газ, распределение молекул которого необходимо исследовать. Найдите его молярную массу M в кг/моль.

5. Получите и перепишите таблицу значений части молекул $z = n/n_0$, которые находятся на высоте h .

6. Проведите аналогичные исследования распределения молекул для других газов, которые имеют молярную массу M , меньшую или большую, чем первый газ. Чтобы графики зависимости заметно отличались один от другого, выбирайте газы, у которых молярные массы M заметно отличаются друг от друга.

7. Перечертите полученные графики зависимости части молекул от высоты h над поверхностью Земли, и сделайте соответствующие выводы.

8. Снова выберите газ, распределение молекул которого необходимо исследовать. Определите его молярную массу M .

9. Снова выберите минимальную h_{\min} и максимальную h_{\max} высоту (в метрах) над уровнем Земли и шаг изменения высоты dh .

10. Получите на экране таблицу значений относительной части z молекул на высоте h для комнатной температуры T . Перепишите таблицу значений.

11. Проведите исследования для температур, значения которых выше и ниже комнатной температуры. Чтобы графики, которые получаются, заметно отличались друг от друга, новые температуры должны отличаться от комнатной на 50 — 70 К.

12. Перечертите полученные графики зависимости относительной части молекул z , которые находятся на высоте h над поверхностью Земли, и сделайте соответствующие выводы.

13. После окончания исследований, нажмите клавишу «Ввод».

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Пользуясь полученными графиками зависимости количества частиц от высоты h для различных температур T , постройте примерный график действительной зависимости количества частиц при изменении высоты h с учетом изменения температуры T для выбранного газа.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что можно сказать о концентрации частиц в разных частях объема газа при термодинамическом равновесии?

2. Что происходит с газом в поле силы тяжести?

3. Как изменяется концентрация частиц с высотой в поле силы тяжести?

4. Выведите формулу зависимости концентрации молекул газа от высоты.

5. Какие факторы влияют на распределение молекул воздуха по высоте в атмосфере Земли?

6. Запишите формулу распределения Больцмана и поясните ее.

7. Что будет происходить с концентрацией молекул газа на данной высоте с ростом температуры?

8. Что произойдет с концентрацией молекул газов при уменьшении молярной массы?

9. Из каких газов преимущественно состоят верхние слои атмосферы?

10. Что можно сказать о составе атмосферы в пещерах и пустотах, находящихся глубоко под поверхностью Земли?