

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

Лабораторная работа №2-3

Определение средней длины свободного пробега молекул газа

Руководитель:
канд. физ.-мат. наук
Конов И. А.
Работу выполнили:
Левин Н. Н.
Высоцкий М. Ю.
гр. 052101

Томск, 2022

1 Теоретическое введение

Цель работы: определение средней длины свободного пробега молекул газа.

Длина свободного пробега молекулы – это среднее расстояние λ , которое пролетает частица за время между двумя последовательными столкновениями. Так как каждая молекула имеет собственное расстояние (т.е. для всех молекул оно различно), под длиной свободного пробега подразумевается именно среднее число $\langle \lambda \rangle$.

Взаимодействие молекул в газе, молекулы которого находятся на относительно большом расстоянии друг от друга, носит характер столкновений. От частоты столкновений зависит время протекания процессов, ведущих к установлению состояния термодинамического равновесия: *диффузии, теплопроводности, электропроводности*. Кроме того, от частоты соударений зависит протекание фазовых переходов в таких системах.

Чтобы определить частоту столкновений и длину свободного пробега допустим, что все молекулы *покоятся*, а одна из них движется со скоростью v . Также примем диаметры всех молекул равными d , а концентрацию за n (и так как виртуальная установка представляет собой двумерное пространство, концентрация будет относиться к единице площади, а не объема).

Частицы движутся, причем после каждого столкновения они меняют направление. Потому траектория, допустим, за 1 секунду, будет представлять собой ломаную линию. На Рис.1 изображена примерная траектория. Возле каждого излома линий будет стоять частица. Причем для того, чтобы летящая частица могла испытать с ней соударение, нужно чтобы центр неподвижной частицы попал между параллельными линиями.

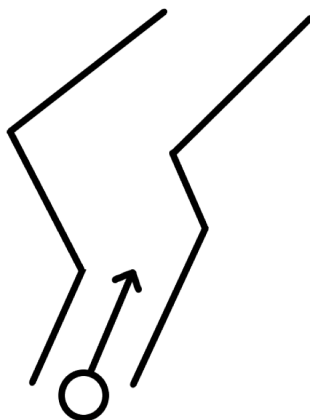


Рис. 1: Примерная траектория полёта

Вычислим число ударов, которые испытывает летящая частица за 1 секунду. За это время она проходит путь, равный скорости. Площадь, заключенная между параллельными линиями, приближенно равна произведению двойного диаметра на длину линии: $S = 2dv$. Число частиц n , находящихся на этой площади будет равно: $N = n2dv$. Эта величина равна числу столкновений выбранной молекулы с другими частицами за 1 секунду. Разделив её на путь v , получим выражение для средней длины свободного пробега:

$$\lambda = \frac{v}{N} = \frac{1}{2dn} \quad (1)$$

Выражение (1) получена в модели, в которой движется только сталкивающаяся молекула. Для реального движения других молекул вводится коэффициент $\sqrt{2}$ в знаменателе.

2 Ход эксперимента

Для определения длины свободного пробега частицы была использована виртуальная установка. В ней нам предоставляется возможность выставить необходимые значения количества частиц, а также их диаметра.

Для начала мы определились с необходимым количеством соударений, а также начальными параметрами системы: количество соударений – 50, $N = 20$, $d = 15$.

После этого, посредством нажатия кнопки «Пуск», мы стали дожидаться момента, когда количество соударений станет равным 50. Соответствующее значение, а также среднюю длину свободного пробега, экспериментальная установка выводит на экран.

Далее, соответствующий опыт был проведен для других значений N . Результаты измерений представлены в таблице ниже:

Соудар	N	ср
50	5	1098
50	10	376
50	15	288
50	20	255
50	25	187

Используя полученные данные, мы построили график зависимости средней длины свободного пробега от количества частиц.

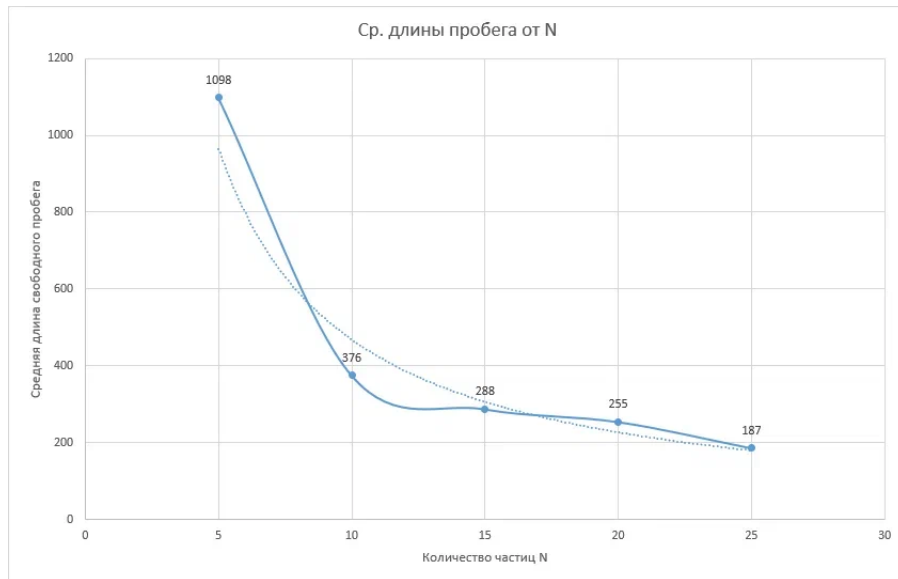


Рис. 2: График зависимости средней длины свободного пробега от количества частиц

Проанализировав данный график, мы можем сказать, что он отдалённо напоминает гиперболу в первой четверти координатной плоскости, о чём также свидетельствует вид формулы (1).

Мы посмотрели на поведение системы при фиксации параметра d , что и позволило нам отследить зависимость представленную выше. Далее, в ходе эксперимента, мы произвели те же действия, но при фиксированном параметре N , что позволило определить зависимость средней длины свободного пробега от диаметра частиц. Полученные результаты и соответствующий график представлены ниже:

Соудар	d	ср
50	5	2350
50	10	546
50	15	315
50	20	148

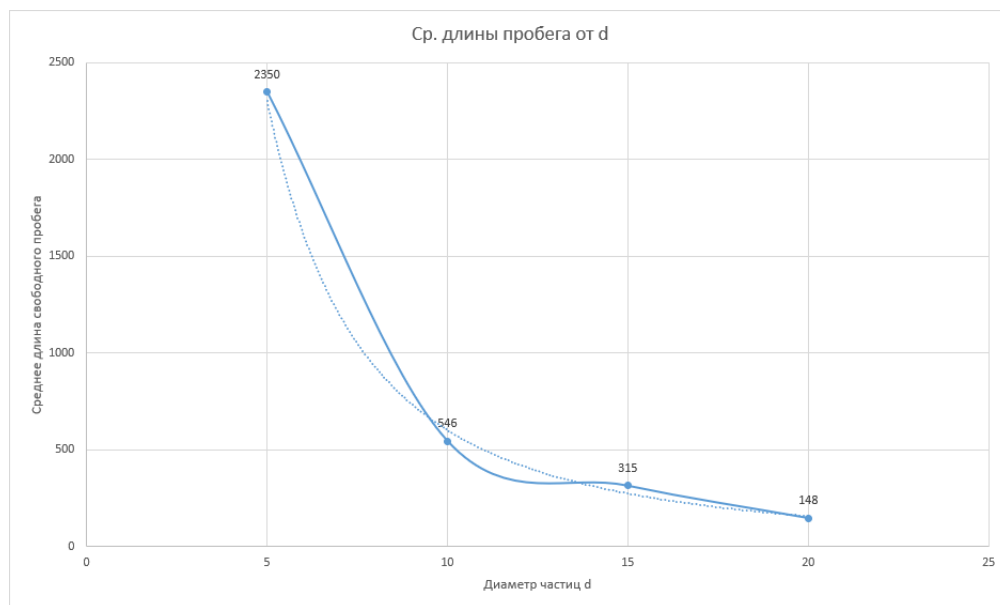


Рис. 3: График зависимости средней длины свободного пробега от диаметра частиц

Данный график, так же как и предыдущий, отдалённо напоминает гиперболу в первой четверти координатной плоскости.

3 Вывод