МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования   
**«Национальный исследовательский   
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

**(ННГУ)**

Высшая школа общей и прикладной физики

**Отчет по лабораторной работе № 116**

**«Определение вязкости воздуха»**

**Выполнил:**

студент 1 курса ВШ ОПФ

Тарханов Андрей Алексеевич

Нижний Новгород  
2023

**Цель работы**: определить экспериментально коэффициент вязкости воздуха

**Оборудование:** стеклянный сосуд с мерной шкалой, пробка с плотно вставленным капилляром, секундомер

**Теоретическая часть**

Между слоями жидкости или газа, движущимися друг относительно друга с разными скоростями, возникают силы вязкого трения:

, (1)

где - коэффициент вязкости жидкости (газа), S- площадь взаимодействующих слоев, а скорость потока направлена вдоль оси х и зависит от координаты у.

Для ламинарных течений связь между разностью давлений  на концах капилляра и объемом Q жидкости (газа), протекающим через поперечное сечение в единицу времени (расходом жидкости), определяется формулой Пуазейля (R- радиус капилляра, L – его длина):

, (2)

**Экспериментальная установка**

Экспериментальная установка для определения вязкости воздуха представляет собой большой сосуд, который закрывается сверху пробкой с плотно вставленным в нее капилляром. Сосуд заполняется водой, которая вытекает через отверстие в дне сосуда. Объем воздуха, втекающего через капилляр в сосуд, равен объему воды, вытекающей из сосуда. При достаточно медленном вытекании воды перепад давлений на концах капилляра равен статическому давлению столба воды высотой h(t), , где  - плотность воды, g - ускорение свободного падения. 

Объем втекающего воздуха Q, или вытекающей воды равен скорости понижения уровня воды, умноженной на площадь сечения сосуда:

, (3)

Тогда получим (4)

Отсюда следует, что понижение уровня воды происходит по экспоненциальному закону:

(5)

где – характерное время вытекания воды, - начальная высота уровня воды.

**Результаты измерений и расчёты**

Вынем пробку с капилляром и, закрыв нижнее отверстие, нальем в сосуд воду. Затем плотно вставим пробку и откроем нижнее отверстие. При скорость истечения воды из сосуда станет малой, начнем измерения, занося в таблицу моменты времени t исоответствующие уровни воды h. Сосчитаем tср и ln для каждой высоты

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| метки | h, см | tср, с | ln |
| 2 | 57 | 16 | 0,034 |
| 4 | 55 | 32,7 | 0,07 |
| 6 | 53 | 50,1 | 0,107 |
| 8 | 51 | 68,9 | 0,146 |
| 10 | 49 | 87,9 | 0,186 |
| 12 | 47 | 107,6 | 0,227 |
| 14 | 45 | 127,9 | 0,271 |
| 16 | 43 | 149,2 | 0,316 |
| 18 | 41 | 171,6 | 0,364 |
| 20 | 39 | 195,7 | 0,414 |
| 22 | 37 | 220,2 | 0,467 |
| 24 | 35 | 245,8 | 0,522 |
| 26 | 33 | 274,6 | 0,581 |
| 28 | 31 | 302,7 | 0,644 |
| 30 | 29 | 334,4 | 0,71 |
| 32 | 27 | 366,9 | 0,782 |
| 34 | 25 | 402,2 | 0,859 |
| 36 | 23 | 440,9 | 0,942 |
| 38 | 21 | 483,3 | 1,033 |
| 40 | 19 | 529,8 | 1,133 |
| 42 | 17 | 581,4 | 1,244 |
| 44 | 15 | 638,1 | 1,369 |
| 46 | 13 | 706,2 | 1,513 |

Используя полученную таблицу, построим график зависимости ln от времени.

Можно убедиться, что график линеен.

Определим коэффициент τ по наклону прямой на графике и рассчитаем коэффициент вязкости по формуле (6)

Из графика τ = 460 с. Так как , , то =1,94\*10-4 П.

**Задания**

1. Оценим число Рейнольдса для условий эксперимента по формуле:

(7)

где и –плотность и коэффициент вязкости воздуха, – характерная скорость течения воздуха в капилляре, – радиус капилляра.

Зная, что (2) и получаем, что:

Значит, что . После подсчёта оказалось, что число Рейнольдса равно , а значит, течение в капилляре было ламинарным.

1. Оценим величину ошибки, допускаемой при определении давления, считая воду идеальной жидкостью.

Согласно уравнению Бернулли:

Сумма для верхней части будет составлять , а для нижней . Значит: . Тогда . По нашему предположению для расчёта коэффициента вязкости воздуза мы пренебрегли скоростью движения воды и приняли . Значит величина ошибки составляет . Рассчитаем величину ошибки для начального момента времени, когда скорость была максимальна. Учтём, что , а (так как жидкость несжимаема) см2 ,см2 Получаем величина ошибки равна Δ=43 г/см. Тогда , что очень мало, а значит возникающая ошибка не существенна.

1. Оценим среднюю длину свободного пробега и диаметр молекул воздуха. Согласно формуле , где - среднюю длину свободного пробега молекул, - средняя скорость молекул. Значит =9,55\*10-6 см.

Также длину свободного пробега молекул воздуха можно рассчитать по формуле так как , то =0,98\*10-7см.

1. Оценим, на сколько должен опуститься уровень воды после открытия нижнего отверстия, чтобы в свободной от воды части сосуда установилось давление воздуха на ниже атмосферного.

Так как температура в ходе процесса не меняется, то для воздуха в верхней части сосуда верен изотермический закон . Тогда верно равенство . Так как , , то

. Откуда = 58,1 см. Значит уровень должен опуститься на 59-58,1=0,9 (см).

**Вывод**: в ходе проведения эксперимента установлен коэффициент вязкости воздуха для температуры 24°C - 1,94\*10-4 П. Оценили число Рейнольдса для условий эксперимента - , величину ошибки, допускаемой при определении давления, среднюю длину свободного пробега - 9,55\*10-6 см и диаметр молекул воздуха - 0,98\*10-7см.