***Лабораторная работа № 3***

***ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОФФИЦИЕНТА ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ***

***Цель работы:*** научиться определять коэффициент вязкости жидкостей методом Стокса.

***Оборудование:*** цилиндр с маслом, секундомер, шарики, жидкости, микрометр.

***Краткая теория***

Внутреннее трение (вязкость) - это свойство реальных жидкостей (или газов), бла­годаря которому выравнивается скорость движения различных слоев. Вязкость проявляет­ся в том, что возникающее в жидкости движение после устранения причин, его вызывающих, постепенно прекращается.

По вязкости судят о качестве продуктов питания, например, сахара, сиропов, сока и т.д. В биологических системах вязкость оказывает влияние на протекание ряда процессов в живом организме (диффузия веществ, подвижность ионов). Численные значения коэф­фициентов динамической вязкости необходимы для расчетов трубопроводов, ороситель­ных комплексов, систем внесения жидких удобрений, вентиляции и т.д.

Внутреннее трение относится к явлениям переноса. Рассмотрим медленное течение жидкости в трубе под действием постоянной внешней разности давлений, направленной вдоль движения (рис.5,а). Скорости движения разных слоев в ней будут неодинаковы: наибольшее ее значение в центре и минимальное (близкое к нулю) - у стенок. Это связано с тем, что наряду с направленным движением вдоль трубы молекулы жидкости из-за хао­тического (теплового) движения переходят из слоя в слой.

При таком переходе происходит перенос импульса направленного движения из слоя в слой, что приводит к ускорению слоя, движущегося более медленно, и замедлению слоя, движущегося быстрее.

Рисунок 5

Сила внутреннего трения, возникающая при относительном перемещении слоев жидкости, определяется формулой Ньютона:

 , (5.1)

где η - коэффициент внутреннего трения (вязкости) жидкости; знак минус означает, что импульс переносится в направлении убывания скорости слоя;

  - градиент скорости - векторная величина, направленная перпендикулярно век­тору скорости и показывающая изменение скорости на единице расстояния между слоями, измеряется в с-1;

  - площадь соприкасающихся слоев. Из этой формулы следует, что:

  (5.2)

Если в уравнении (5.2) принять ; S = 1м2, то η = Fтр , т.е. коэффициентом вязкости называется физическая величина, численно равная силе внутреннего трения, действующей на единицу площади соприкасающихся слоев, при градиенте скорости, рав­ном 1 (единице).

В СИ коэффициент динамической вязкости измеряется в Па · с.

**Метод Стокса,** основанный на измерении скорости шарика, равномерно падающе­го в вязкой среде.

 На шарик, свободно падающий в вязкой среде, действуют силы (рис. 5.2);

1) сила тяжести шарика 

Масса тела 

Объем сферы 



Рисунок 5. 2

После подстановки получим для силы тяжести

,

где: m - масса шарика, g - ускоре­ние силы тяжести, ρ2 - плот­ность материала шарика,

V - объем шарика, r - радиус;

2) выталкивающая сила Архимеда:

 ;  ,

 где FA - равна весу вытесненной шариком жидкости,

 - объем вытесненной шариком жидкости, ρ1 - плотность жидкости.

3). Сила сопротивления движению, обусловленная силами внутреннего трения меж­ду слоями жидкости, которая для малых скоростей падения небольших шарообразных тел, как показал Стокс, равна:

 

где  - скорость движения шарика.

 Применяя второй закон Ньютона для движения шарика, получим уравнение: 

Вначале шарик движется ускоренно, но по мере увеличения скорости падения ша­рика сила сопротивления Fc будет тоже возрастать, и наступит такой момент, когда движение шарика станет равномерным.

Применяя второй закон Ньютона для движения шарика, получим уравнение: 

Значит, сила тяжести уравновесится выталкивающей силой и силой сопротивления:

 .

Движение шарика станет равномерным.

Подставляя выражения для силы тяжести, Архимеда и Стокса, получим:

 

Из последнего уравнения определим коэффициент вязкости:

 

***Экспериментальная часть***

1. Плотность касторового масла  960 кг/м3

Плотность свинца 11340 кг/м3

Вычислите константу опыта по формуле

 

2. Заполните таблицу 1:

**Таблица 1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| N | Диаметр шарика | Радиус шарика | Путь, пройденный шариком | Время падения шарика |
| d, м | r, м | h, м | t, с |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |

3. Вычислите скорость падения шарика:

 м/с

 м/с

 м/с

 м/с

 м/с

4. Вычислите коэффициент динамической вязкости жидкости и заполните таблицу 2:

**Таблица 2**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| N |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 4 |  |  |
| 5 |  |  |

 

 

 

 

 

5. Рассчитайте среднее арифметическое значение коэффициента динамической вязкости масла:

 

6. Рассчитайте абсолютную ошибку отдельных вычислений:

  

 

 

 

 

7.Рассчитайте среднюю абсолютную ошибку отдельных вычислений коэффициента динамической вязкости масла:

 

8. Запишите истинное значение коэффициента динамической вязкости масла:

 

9. Рассчитайте минимальное и максимальное значение динамической вязкости масла:

 

 

10. Определите табличное значение коэффициента динамической вязкости касторового масла при данной температуре

t = \_\_\_\_\_ 0 С, Т = t + 273 = К

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Т,К | 283 | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 290 |
| η, Па⋅с | 2,44 | 2,25 | 2,05 | 1,85 | 1,70 | 1,55 | 1,42 | 1,30 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Т,К | 291 | 292 | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 |
| η, Па⋅с | 1,18 | 1,08 | 0,987 | 0,91 | 0,85 | 0,78 | 0,72 | 0,65 | 0,59 | 0,53 |

 

11. Постройте горизонтальную ось коэффициента динамической вязкости, отметьте на ней точки, соответствующие минимальному и максимальному значению коэффициента динамической вязкости масла. На этой же оси отметьте точку, соответствующую теоретическому значению коэффициента динамической вязкости масла при данной температуре.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

12.ВЫВОД: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***Вопросы для защиты работы:***

1. Дайте определение вязкости.
2. Сформулируйте физический смысл коэффициента динамической вязкости. Укажите единицы его измерения.
3. Запишите уравнение Ньютона для внутреннего трения и расшифруйте физические величины, входящий в него.
4. Дайте определение градиента скорости. Укажите единицы его измерения.
5. Перечислите силы, действующие на падающий в вязкой среде шарик и запишите формулы для их нахождения.
6. Укажите вид движения шарика (по траектории, по скорости; вначале и в конце пути)
7. Запишите формулу для вычисления массы тела и расшифруйте физические величины, входящий в нее.
8. Сформулируйте, какую роль играет на практике вязкость жидкостей.

***Студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Количество баллов\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***Дата защиты\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Подпись преподавателя\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***