



# **Определение коэффициента вязкости жидкости**

**Работу выполнила: ученица 10 класса  
МОУ Новоспасской СОШ  
Мухаметшина Ксения Рустамовна  
Руководитель: Довбыш Н.А  
учитель физики высшей категории**



# Цель работы:

**Поиск оптимальных методов определения коэффициента внутреннего трения жидкости (вязкости); выяснить от каких параметров он зависит.**

## Задачи исследования:

- 1.Изучить литературу по теме исследования.**
- 2.Выделить методы определения коэффициента внутреннего трения.**
- 3.Подготовить оборудование, необходимое для выполнения эксперимента. Выполнить эксперимент.**
- 4.Собрать и обработать данные, свести их в таблицы и провести анализ результатов. Сделать выводы.**
- 5.Показать практическую значимость определения коэффициента внутреннего трения.**

# Методика исследования

Предмет исследования: **водопроводная вода, солёная вода, сладкая вода, керосин, подсолнечное масло, глицерин, спирт, касторовое масло, машинное масло.**

Для определения коэффициента внутреннего трения жидкости или газа применяется два метода: метод Стокса и метод Пуазейля.

- ❖ Метод Стокса основан на измерении скорости медленно движущихся в жидкости небольших тел сферической формы.
- ❖ Метод Пуазейля основан на ламинарном течении жидкости в тонком капилляре.

# Практическая часть

**Эксперимент 1:** Определение коэффициента вязкости жидкости методом Стокса

**Оборудование:** Стекланный цилиндрический сосуд с нанесенными на нем двумя горизонтальными метками, исследуемая жидкость, штангенциркуль, секундомер, шарики из пластмассы, пластилина и стали, пинцет, линейка.

Порядок выполнения работы:

1. Измерить диаметр шарика штангенциркулем.
2. Измерить расстояние  $l$  между метками на стеклянном цилиндре линейкой.
3. Измерить время  $t$  падения шарика между метками с помощью секундомера.
4. Измерить температуру жидкости термометром.
5. Найти по таблице плотность исследуемой жидкости для измеренной температуры и плотность шарика.
6. Вычислить коэффициент внутреннего трения жидкости по формуле:

$$\eta = \frac{2}{9} r^2 g \frac{\rho_{ш} - \rho_{ж}}{l} t$$

**Эксперимент №1.1** *Оборудование:* исследуемая жидкость: вода, температура которой  $10^{\circ}\text{C}$ , а плотность  $\rho=1000\text{ кг/м}^3$ ; цилиндрический сосуд диаметром -  $5,5\cdot 10^{-2}\text{ м}$ , высота уровня воды в сосуде -  $50\cdot 10^{-2}\text{ м}$ ; шарики (пластмассовый, стальной, пластилиновый); термометр.

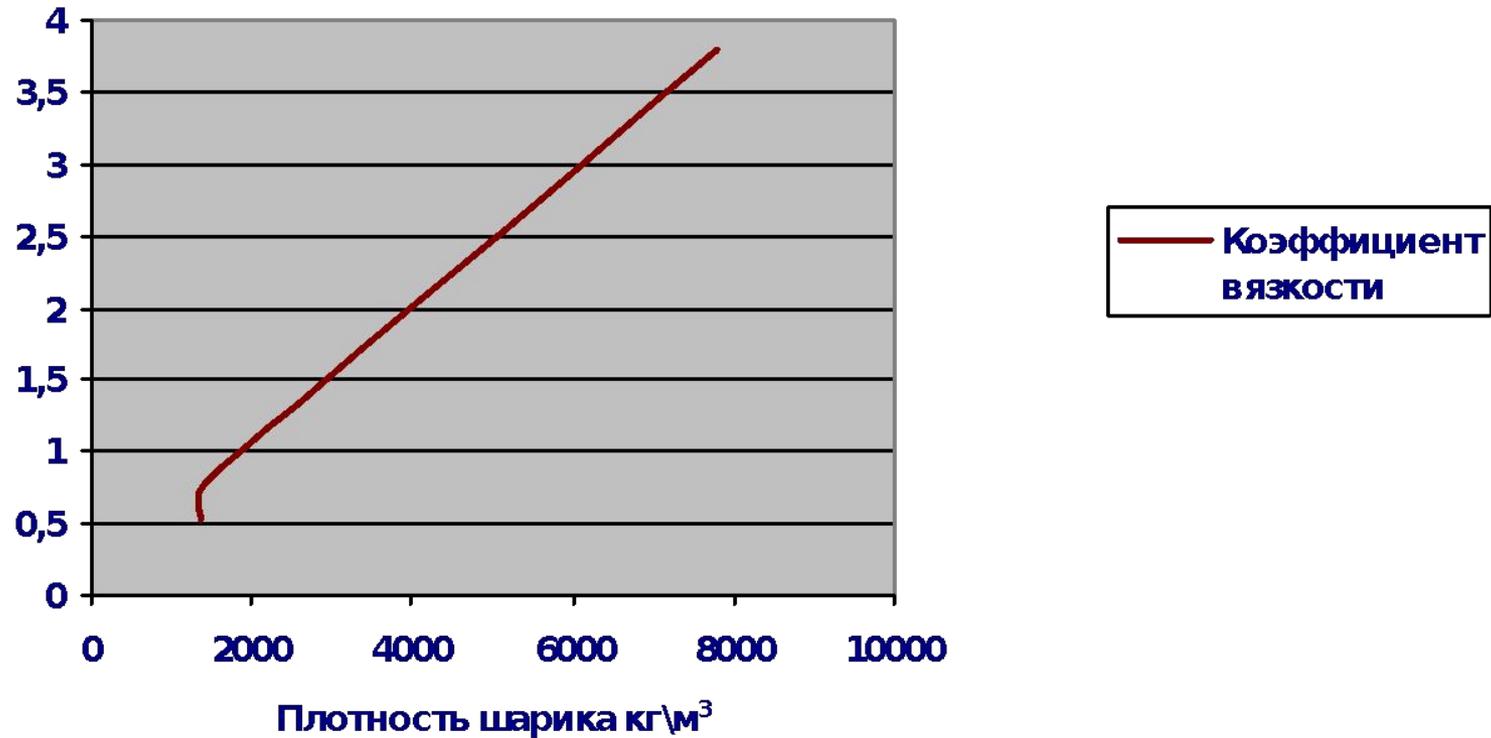
**Таблица 1. Определение коэффициента вязкости холодной воды**

| № | $r_{ш}, 10^{-3} \text{ м}$ | $l, 10^{-2} \text{ м}$ | $t, \text{ с}$ | Материал шарика | Плотность шарика $\text{кг/м}^3$ | $\eta, \text{ Па}\cdot\text{с}$ |
|---|----------------------------|------------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 1,8                        | 34                     | 12,36          | пластмасса      | 1350                             | 0,44                            |
| 2 | 1,9                        | 33                     | 11,49          | пластмасса      |                                  | 0,47                            |
| 3 | 2                          | 33                     | 11,02          | пластмасса      |                                  | 0,51                            |
| 4 | 2,1                        | 31                     | 10,59          | пластмасса      |                                  | 0,56                            |
| 5 | 2,2                        | 32                     | 11,12          | пластмасса      |                                  | 0,63                            |
| 6 | 3                          | 13                     | 6,33           | пластилин       | 1400                             | 0,81                            |
| 7 | 4                          | 15                     | 6,93           | пластилин       |                                  | 0,73                            |
| 8 | 4,5                        | 11                     | 1,4            | сталь           | 7800                             | 3,8                             |

**Вывод:** В результате проделанного опыта я определила коэффициент внутреннего трения воды при температуре  $t = 10^\circ\text{C}$ . Из таблицы видно, что среднее значение коэффициента вязкости для пластмассовых шариков: **0,52 Па·с**; для пластилиновых шариков: **0,77 Па·с** и стали – **3,8 Па·с**. Плотность вещества, из которого сделан шарик, влияет на результат определения коэффициента внутреннего трения: чем плотность больше, тем полученное значение коэффициента внутреннего трения больше.

# ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ ОТ ПЛОТНОСТИ ТЕЛА, ДВИЖУЩЕГОСЯ В ЖИДКОСТИ

Зависимость коэффициента вязкости от плотности шарика



**Вывод:** С увеличением плотности шарика коэффициент внутреннего трения увеличивается. Но, коэффициент внутреннего трения жидкости (в пределах исследуемой жидкости) не должен зависеть от плотности шарика. Шарик является лишь средством для измерения коэффициента вязкости.

Расчетная формула для определения коэффициента вязкости в опыте:

$$\eta = \frac{2}{9} r^2 g \frac{\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{ж}}}{l} t$$

Величины  $l$ ,  $t$  определялись экспериментально.  $l$  – путь равномерного движения шарика. Путь равномерного движения шарика определялся в опыте на глаз. Известно, что, чем больше плотность шарика, тем больше нужно времени для установления равномерного движения.

Из расчетной формулы видно, что, чем больше скорость равномерного движения, тем меньше коэффициент вязкости. Так как в результате опыта было установлено, что с увеличением плотности шарика коэффициент внутреннего трения увеличивается, то можно сделать вывод, что путь равномерного движения был установлен не точно, то есть реальная скорость равномерного движения шарика была гораздо больше. Это и является причиной того, что в результате опыта было установлено, что с увеличением плотности шарика коэффициент внутреннего трения увеличивается.

**Эксперимент №1.2** *Оборудование:* исследуемая жидкость: вода, температура которой  $40^{\circ}\text{C}$ , а плотность  $\rho=1000\text{ кг/м}^3$ ; цилиндрический сосуд диаметром-  $5,5\cdot 10^{-2}\text{ м}$ , высота уровня воды в сосуде -  $50\cdot 10^{-2}\text{ м}$ ; шарики (пластмассовый, стальной, пластилиновый); термометр.

**Таблица 2.** Определение коэффициента вязкости горячей воды.

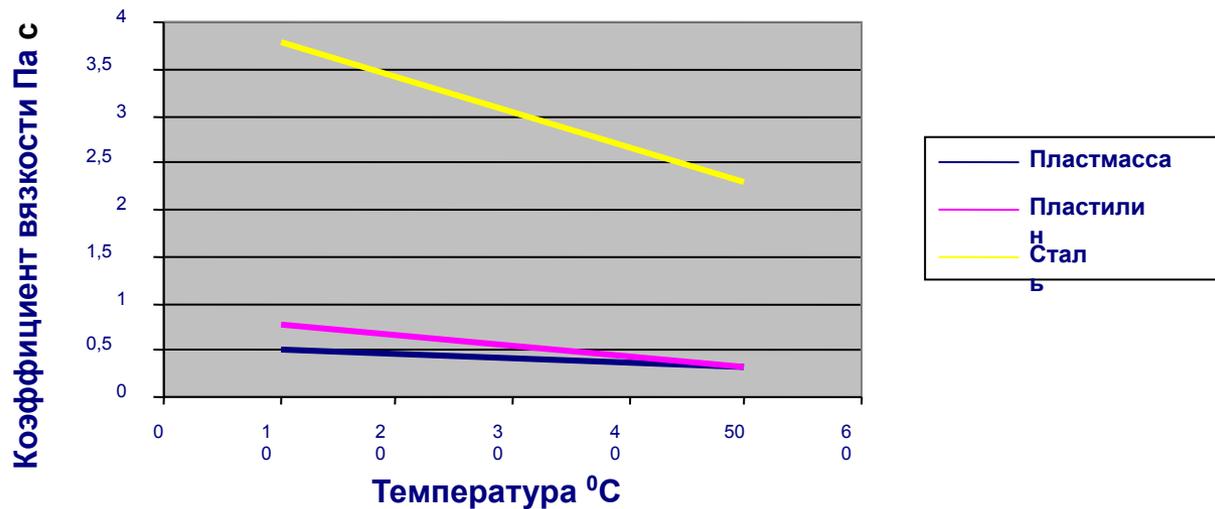
| № | $r_{ш}, 10^{-3} \text{ м}$ | $l, 10^{-2} \text{ м}$ | $t, \text{ с}$ | Материал шарика | Плотность шарика $\text{кг/м}^3$ | $\eta, \text{ Па}\cdot\text{с}$ |
|---|----------------------------|------------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 1,8                        | 29,5                   | 6,65           | пластмасса      | 1350                             | 0,27                            |
| 2 | 1,9                        | 31                     | 5,86           | пластмасса      |                                  | 0,26                            |
| 3 | 2                          | 30                     | 5,28           | пластмасса      |                                  | 0,26                            |
| 4 | 2,1                        | 29                     | 6,3            | пластмасса      |                                  | 0,36                            |
| 5 | 2,2                        | 27                     | 6,38           | пластмасса      |                                  | 0,42                            |
| 6 | 3                          | 23                     | 4,57           | пластилин       | 1400                             | 0,33                            |
| 7 | 4                          | 25                     | 4,63           | пластилин       |                                  | 0,32                            |
| 8 | 4,5                        | 15                     | 1,13           | сталь           | 7800                             | 2,3                             |

**Вывод:** из таблицы видно, среднее значение коэффициента вязкости для пластмассовых шариков: **0,31 Па·с** ; для пластилиновых шариков: **0,33 Па·с** ; а стали - **2,3 Па·с**.

Коэффициент вязкости горячей воды меньше коэффициента вязкости холодной воды. Следовательно, коэффициент вязкости воды сильно зависит от температуры. Это связано с различиями в характере движения молекул. При понижении температуры вязкость некоторых жидкостей настолько возрастает, что они теряют способность течь.

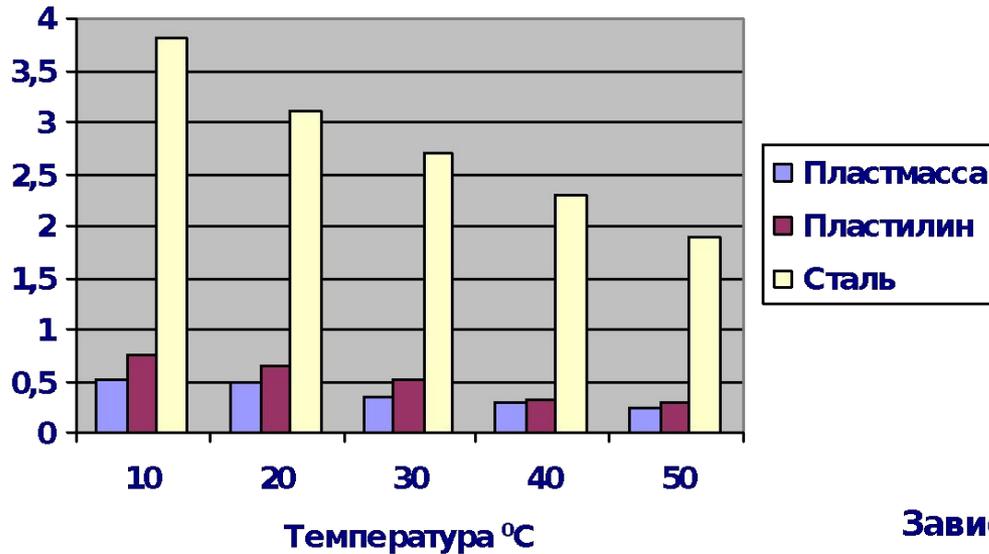
# Зависимость коэффициента вязкости от температуры жидкости

График зависимости коэффициента вязкости от температуры жидкости



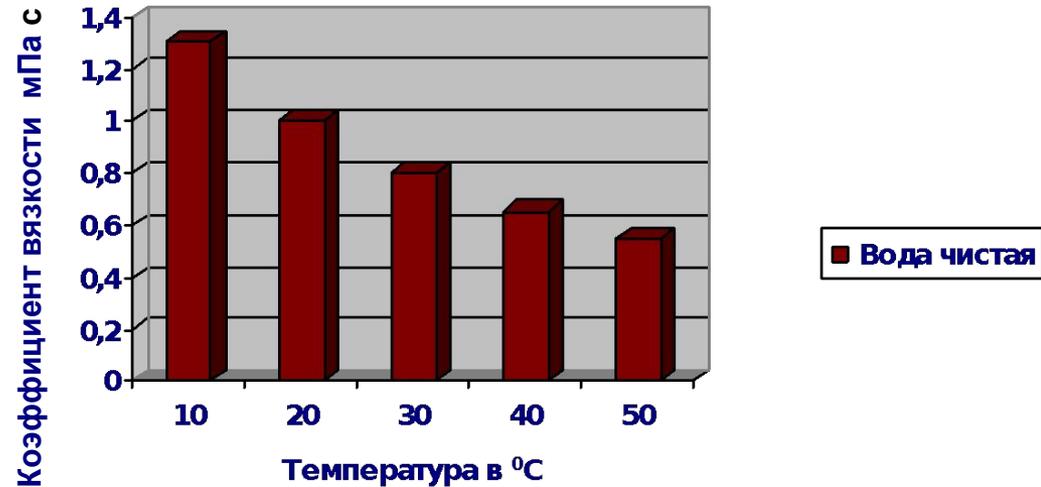
С увеличением температуры коэффициент внутреннего трения жидкости уменьшается. Это связано с характером движения молекул в жидкости.

## Зависимость коэффициента вязкости от температуры



С увеличением температуры коэффициент внутреннего трения жидкости уменьшается. Это связано с характером движения молекул в жидкости.

## Зависимость коэффициента вязкости от температуры



**Эксперимент №1.3.** *Оборудование:* исследуемая жидкость: вода солёная (концентрация  $n = 60$  г/л), температура  $-10^{\circ}\text{C}$ , а плотность  $\rho = 1030$  кг/м<sup>3</sup>; сладкая вода (концентрация  $n = 60$  г/л), температура  $-10^{\circ}\text{C}$ , а плотность  $\rho = 842$  кг/м<sup>3</sup>

**Таблица 3.** Определение коэффициента вязкости соленой воды.

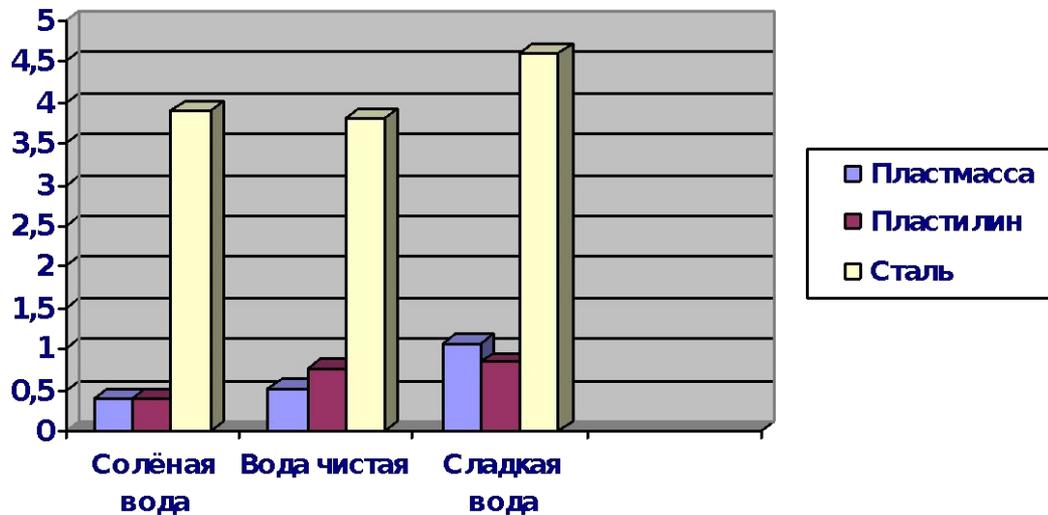
| № | $r_{ш}, 10^{-3}$ м | $l, 10^{-2}$ м | $t, \text{с}$ | Материал шарика | Плотность шарика кг/м <sup>3</sup> | $\eta, \text{Па}\cdot\text{с}$ |
|---|--------------------|----------------|---------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 1,8                | 32             | 9,32          | пластмасса      | 1350                               | 0,37                           |
| 2 | 1,9                | 34             | 9,95          | пластмасса      |                                    | 0,39                           |
| 3 | 2                  | 31             | 7,93          | пластмасса      |                                    | 0,38                           |
| 4 | 2,1                | 30,5           | 8,05          | пластмасса      |                                    | 0,41                           |
| 5 | 2,2                | 33             | 8,43          | пластмасса      |                                    | 0,45                           |
| 6 | 3                  | 26             | 6,64          | пластилин       | 1400                               | 0,38                           |
| 7 | 4                  | 28             | 5,59          | пластилин       |                                    | 0,41                           |
| 8 | 4,5                | 18             | 2,34          | сталь           | 7800                               | 3,89                           |

**Таблица 4. Определение коэффициента вязкости сладкой ВОДЫ.**

| <b>№</b> | <b><math>r_{ш}, 10^{-3} \text{ м}</math></b> | <b><math>l, 10^{-2} \text{ м}</math></b> | <b><math>t, \text{ с}</math></b> | <b>Материал шарика</b> | <b>Плотность шарика <math>\text{кг/м}^3</math></b> | <b><math>\eta, \text{ Па}\cdot\text{с}</math></b> |
|----------|--|--|----------------------------------|------------------------|--|---|
| <b>1</b> | <b>1,8</b>                                   | <b>32</b>                                | <b>20,89</b>                     | <b>пластмасса</b>      | <b>1350</b>  | <b>0,81</b>                                       |
| <b>2</b> | <b>1,9</b>                                   | <b>34</b>                                | <b>19,95</b>                     | <b>пластмасса</b>      |  | <b>0,96</b>                                       |
| <b>3</b> | <b>2</b>                                     | <b>26</b>                                | <b>19,66</b>                     | <b>пластмасса</b>      |  | <b>1,24</b>                                       |
| <b>4</b> | <b>2,1</b>                                   | <b>33</b>                                | <b>18,74</b>                     | <b>пластмасса</b>      |  | <b>1,02</b>                                       |
| <b>5</b> | <b>2,2</b>                                   | <b>31</b>                                | <b>19,77</b>                     | <b>пластмасса</b>      |  | <b>1,26</b>                                       |
| <b>6</b> | <b>3</b>                                     | <b>30</b>                                | <b>10,24</b>                     | <b>пластилин</b>       | <b>1400</b>  | <b>0,76</b>                                       |
| <b>7</b> | <b>4</b>                                     | <b>28</b>                                | <b>11,13</b>                     | <b>пластилин</b>       |  | <b>0,91</b>                                       |
| <b>8</b> | <b>4,5</b>                                   | <b>19</b>                                | <b>2,84</b>                      | <b>сталь</b>           | <b>7800</b>  | <b>4,59</b>                                       |

# Зависимость коэффициента вязкости от рода жидкости

Зависимость коэффициента вязкости от рода жидкости



**Вывод:** среднее значение коэффициента вязкости для пластмассовых шариков: **1,06 Па·с** ; для пластилиновых шариков: **0,84 Па·с** и стали – **4,59 Па·с**. Следовательно, коэффициент вязкости увеличивается в сладкой воде. То есть, сахар увеличивает коэффициент вязкости.

**Вывод:** среднее значение коэффициента вязкости для пластмассовых шариков: **0,4 Па·с**; для пластилиновых шариков: **0,4 Па·с** и стали **3,89 Па·с**. Сравнивая результаты полученные в данном эксперименте с результатами предыдущего опыта я выяснила, что соль влияет на величину коэффициента внутреннего трения. В соленой воде коэффициент вязкости меньше, чем в простой воде (при той же температуре).

**Эксперимент №1.5 Оборудование:** исследуемая жидкость (температура жидкостей 200С), стальной шарик, плотностью 7800 кг\м<sup>3</sup>, цилиндрический сосуд, мерная лента, микрометр.

**Таблица 5.** Определение коэффициента вязкости исследуемых жидкостей  
**Метод Стокса**

| № | Исследуемая жидкость | $\rho_{ж}$ , кг\м <sup>3</sup> | $d_{ш}$ , 10 <sup>-3</sup> м | $l$ , 10 <sup>-2</sup> м | t, с | $\eta$ , Па·с |
|---|----------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|------|---------------|
| 1 | Подсолнечное масло   | 926                            | 3                            | 0,17                     | 3    | 0,61          |
| 2 | Керосин              | 820                            | 3                            | 0,23                     | 3,25 | 0,48          |
| 3 | Касторовое масло     | 960                            | 3                            | 0,25                     | 4,8  | 1,02          |
| 4 | Глицерин             | 1260                           | 3                            | 0,38                     | 7,3  | 1,33          |
| 5 | Спирт                | 790                            | 3                            | 0,25                     | 1,3  | 0,27          |
| 6 | Машинное масло       | 920                            | 3                            | 0,2                      | 2,2  | 0,37          |

## **Эксперимент 2 Определение коэффициента внутреннего трения жидкости методом Пуазейля**

**Оборудование:** исследуемая жидкость, две медицинские бутылки для внутривенных вливаний, штангенциркуль, секундомер, линейка, резиновые пробки, две стеклянные трубки одинакового диаметра.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Измерить диаметр трубки штангенциркулем.
2. Измерить длину трубки / линейкой.
3. Измерить время  $t$  перетекания определенного количества жидкости через трубку известных длины и диаметра с помощью секундомера.
4. Определить объем  $V$  исследуемой жидкости по шкале нанесённой на сосуде.
5. Найти по таблице плотность исследуемой жидкости  $\rho_{ж}$ .
6. Вычислить коэффициент внутреннего трения жидкости по формуле:

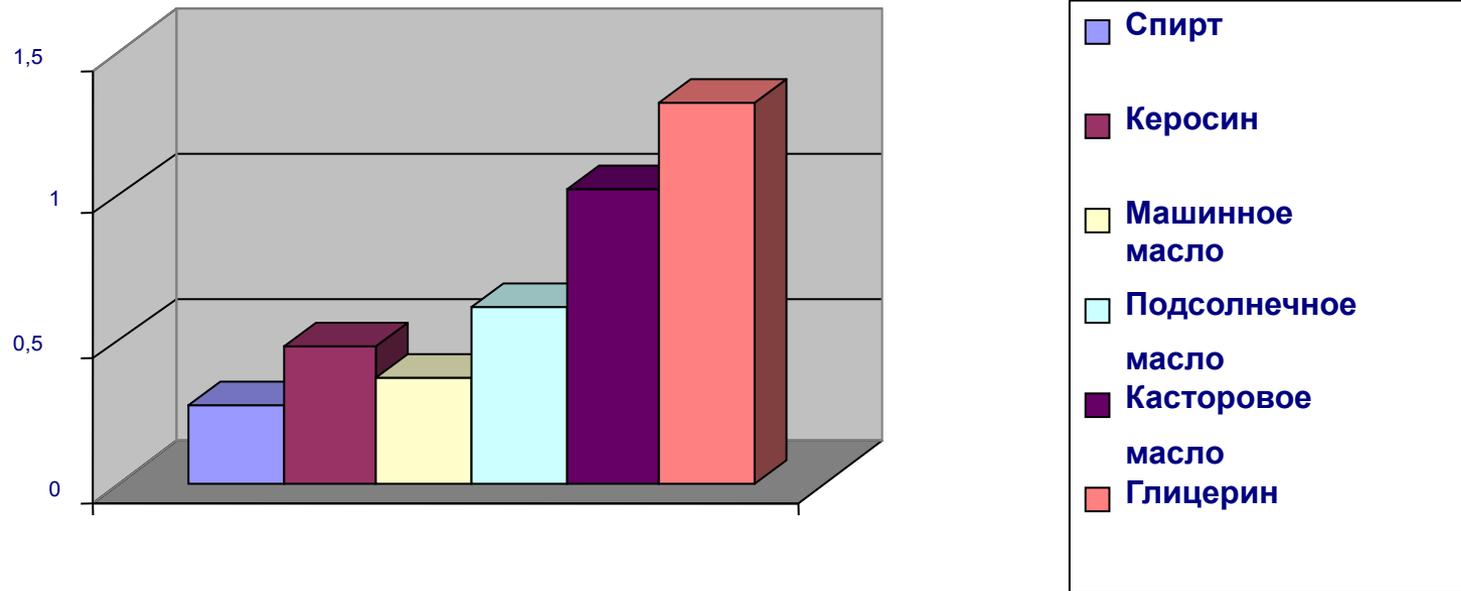
$$\eta = \frac{\pi \rho_{ж} g d^4 t}{128 V}$$

**Таблица 6** Определение коэффициента вязкости исследуемой жидкости

| № | Жидкость              | $d, 10^{-3} \text{ м}$ | $l, 10^{-2} \text{ м}$ | $V, \text{ м}^3$ | $t, \text{ с}$ | $\eta, \text{ Па}\cdot\text{с}$ |
|---|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------|----------------|---------------------------------|
| 1 | Вода чистая           | 3                      | 30                     | 0,0003           | 40             | $2,6 \cdot 10^{-3}$             |
| 2 | Вода сладкая          | 3                      | 30                     | 0,0003           | 35             | $2,4 \cdot 10^{-3}$             |
| 3 | Вода солёная          | 3                      | 30                     | 0,0003           | 45             | $2,5 \cdot 10^{-3}$             |
| 4 | Подсолнечное<br>масло | 3                      | 30                     | 0,0003           | 12 мин         | 0,05                            |
| 5 | Спирт                 | 3                      | 30                     | 0,0003           | 38             | $1,98 \cdot 10^{-3}$            |
| 6 | Керосин               | 3                      | 30                     | 0,0003           | 52             | $2,7 \cdot 10^{-3}$             |
| 7 | Глицерин              | 3                      | 30                     | 0,0003           | 1,2 час        | 0,9                             |
| 8 | Касторовое масло      | 3                      | 30                     | 0,0003           | 42 мин         | 0,16                            |
| 9 | Машинное масло        | 3                      | 30                     | 0,0003           | 29 мин         | 0,104                           |

**Вывод:** Анализируя полученные в таблицах значения я выяснила, что коэффициент внутреннего трения зависит от свойств среды (температуры, плотности).

## Зависимость коэффициента вязкости от плотности жидкости



**Вывод:** Таким образом, вязкость исследуемых жидкостей, как видно из таблицы и диаграммы имеет различные значения, она зависит от природы жидкости, от её плотности. Вязкость в значительной степени зависит от мольной массы вещества, строения молекул, типа межмолекулярных взаимодействий. Коэффициент вязкости жидкостей представленных в таблице больше вязкости воды.

# Выводы и рекомендации:

1. В результате проведенных опытов я выяснила, что коэффициент внутреннего трения зависит от свойств среды (температуры, плотности), размеров, плотности тела.
2. Коэффициент вязкости жидкости весьма сильно зависит от температуры. С увеличением температуры вязкость жидкостей резко падает.
3. С увеличением плотности шарика коэффициент внутреннего трения увеличивается.
4. Чем больше скорость равномерного движения, тем меньше коэффициент вязкости.
5. Вязкость – измерение внутреннего трения жидкости. Это трение возникает между слоями жидкости при ее движении. Чем больше трение, тем больше силы необходимо приложить, чтобы вызвать движение («сдвиг»).

Сдвиг имеет место при физическом перемещении или разрушении жидкости: разливе, растекании, разбрызгивании, перемешивании и т.п. Для сдвига жидкостей с высокой вязкостью необходимо приложить больше силы, чем для маловязких материалов.

6. Измерение вязкости жидкости имеет важную роль в нашей повседневной жизни. Предположим, наша кровь слишком густая, то может возникнуть тромбоз и вызвать сердечный приступ или инсульт, или если кровь слишком жидкая, может начаться кровотечение, остановить которое бывает сложно в течение нескольких часов. Врачи должны знать о вязкости нашей крови при выполнении операций.

С другой стороны, при конструировании химического завода мы разрабатываем систему распределения воды по городской системе водоснабжения. Учитывая средний спрос на воду для города на любой данный момент времени, мы должны знать вязкость воды, каким будет водный поток? Каково давление в трубах? Какие размеры труб будут нужны для строительства? Может ли труба выдержать давление? Все это зависит от вязкости воды. Проблема становится еще более сложной в разработке химических заводов, где много разных жидкостей, кроме воды, и их вязкость должна также учитываться.

## **Рекомендации:**

- 1. Результаты работы можно использовать на уроках физики для активизации познавательной деятельности учащихся.
- 2. Создание методической копилки для кабинета физики.