

Группа P3114 К работе допущен _____

Студент Голованова Дарья Работа выполнена _____

Преподаватель Сорокина Е.К. Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №2.04

Определение коэффициента вязкости жидкости

1. Цель работы.

Определение коэффициента внутреннего трения касторового масла методом Стокса. Проверка справедливости формулы Стокса для шариков разного диаметра.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Определение радиуса шарика

Определение скорости шарика

3. Объект исследования.

Металлический шарик

4. Метод экспериментального исследования.

Эксперимент

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$d = x_2 - x_1$, d – диаметр в делениях шкалы микроскопа, x_2 – правая координата шарика по шкале микроскопа, x_1 – левая координата шарика по шкале микроскопа

$r = \alpha \frac{\bar{d}}{2}$, r – радиус шарика в метрах, α – цена деления микроскопа, \bar{d} – среднее значение диаметра

$v = \frac{l}{t}$, v – скорость шарика, l – длина расстояния, проходимого шариком, t – время прохождения l

$\eta = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)}{9v} gk$, η – коэффициент вязкости жидкости, ρ – плотность шарика, ρ_0 – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения, k – поправочный коэффициент

$k = \frac{1}{1 + \frac{2,47}{R}}$ где R – радиус цилиндра

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \sqrt{\left(2 \frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta v}{v}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{g}\right)^2 + \frac{(\Delta \rho)^2 + (\Delta \rho_0)^2}{(\rho - \rho_0)^2}}$$

$$\frac{\Delta v}{v} = \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2}$$

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta d}{d}$$

коэффициент Стьюдента

Таблица 1 – параметров установки

$(R \pm \Delta R)$ м	0,0295	0,0005
$(\rho \pm \Delta \rho)$ кг/м ³	7800	400
$(\rho_0 \pm \Delta \rho_0)$ кг/м ³	960	40
$(\alpha \pm \Delta \alpha)$ м/дел	0,000266	0,0000001
$(l \pm \Delta l)$ м	0,102	0,0005

, K_s –
 N –

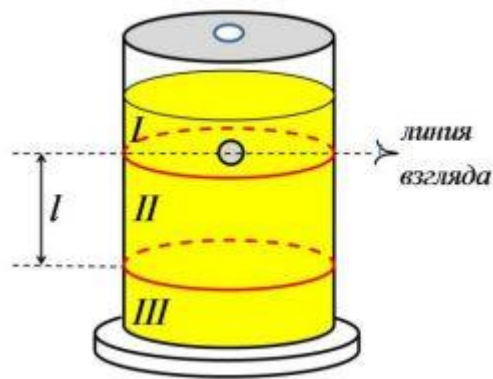
количество измерений
, K_s – коэффициент Стьюдента
 N – количество измерений

6. Измерительные

приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Секундомер		[0; 20]с	0,1с
1	Линейка		[0; 0,3]м	0,0005м
1	Микроскоп		[0; 9]дел	0,01дел

7. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).



8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

$$d = x_2 - x_1 = 7,86 - 0,48 = 7,38 \text{ дел}$$

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{N} = \frac{7,38 + 7,84 + 7,53 + 7,5 + 7,48}{5} = 7,55 \text{ дел}$$

$$r = \alpha \frac{\bar{d}}{2} = \frac{0,000266 * 7,55}{2} = 0,0010036 \text{ м}$$

9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

$$v = \frac{l}{t} = \frac{0,102}{7,09} = 0,0144 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{2,47}{R}} = \frac{1}{1 + \frac{2,4 * 0,001}{0,0295}} = 0,925$$

$$\eta = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)}{9v} gk = \frac{2 * 0,001^2 (7800 - 960)}{9 * 0,0144} * 9,81 * 0,925 = 0,965 \text{ Па*с}$$

Таблица 2.1

первый шарик					
N опыта	1	2	3	4	5
x2 дел	7,86	8,4	8,01	8,28	7,8
x1 дел	0,48	0,56	0,48	0,78	0,32
d дел	7,38	7,84	7,53	7,5	7,48
(dcp±Δdcp) дел	7,546		0,216		
(r±Δr)м	0,001		0,0000287		
(t±Δt)с	7,09		0,0100		
(u±Δu)м/с	0,0144		0,0000734		
(η±Δη)Па*с	0,965		0,0560		

Таблица 2.2

второй шарик					
N опыта	1	2	3	4	5
x2 дел	7,16	6,5	6,7	7,35	8,25
x1 дел	1,2	0,51	0,85	1,48	2,25
d дел	5,96	5,99	5,85	5,87	6
(dcp±Δdcp) дел	5,93		0,0864		
(r±Δr)м	0,000789		0,0000115		
(t±Δt)с	11,00		0,0100		
(u±Δu)м/с	0,00927		0,0000462		
(η±Δη)Па*с	0,941		0,0289		

Таблица 2.3

третий шарик					
N опыта	1	2	3	4	5
x2 дел	5,19	4,97	6,35	7,45	5,87
x1 дел	1,44	0,2	2,65	3,67	2,18
d дел	3,75	4,77	3,7	3,78	3,69
(dcp±Δdcp) дел	3,94		0,580		
(r±Δr)м	0,000524		0,0000771		
(t±Δt)с	28,3		0,0100		
(u±Δu)м/с	0,003604		0,0000177		
(η±Δη)Па*с	1,09		0,321		

10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

$$\Delta d = K_s \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{N(N-1)}} = 2,78 * 0,078 = 0,216$$

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta d}{d} = \frac{0,216}{7,546} = 0,0286$$

$$\frac{\Delta v}{v} = \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,0005}{0,102}\right)^2 + \left(\frac{0,0100}{7,09}\right)^2} = 0,00510$$

$$\frac{(\Delta \rho)^2 + (\Delta \rho_0)^2}{(\rho - \rho_0)^2} = \frac{(40)^2 + (40)^2}{(7800 - 960)^2} = 0,00007$$

Таблица 3 – промежуточных расчетов погрешности вязкости

	$\Delta r/r$	$\Delta u/u$	$\Delta g/g$	$((\Delta p)^2 + (\Delta p_0)^2) / (p - p_0)^2$	k
1	0,0286	0,00510	0	0,00007	0,925
2	0,0146	0,00499	0	0,00007	0,940
3	0,147	0,00491	0	0,00007	0,959

$$\Delta \eta = \eta \sqrt{\left(2 \frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta v}{v}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{g}\right)^2 + \frac{(\Delta \rho)^2 + (\Delta \rho_0)^2}{(\rho - \rho_0)^2}} = 0,965 * \sqrt{(2 * 0,0286)^2 + (0,00510)^2 + (0)^2 + 0,00007} = 0,056 \text{ Па*с}$$

11. Графики (*перечень графиков, которые составляют Приложение 2*).

12. Окончательные результаты.

$\eta_1 = [0,91; 1,03] \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\varepsilon = 6\%$

$\eta_2 = [0,91; 0,97] \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\varepsilon = 3\%$

$\eta_3 = [0,8; 1,4] \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\varepsilon = 30\%$

13. Выводы и анализ результатов работы.

Можно заметить, что доверительный интервал для вязкости, полученный в ходе эксперимента с третьим шариком, содержит в себе доверительные интервалы вязкости для первого и второго шарика. Следовательно, сделать вывод о том, что вязкости зависят от размера шарика – нельзя. Так же вязкость является свойством жидкости, и поэтому было бы странно, если бы она зависела от характеристик другого объекта.

Подводя итоги, вязкость жидкости не зависит от размера шарика.

14. Дополнительные задания.

15. Выполнение дополнительных заданий.

16. Замечания преподавателя (*исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт*).

Примечание:

1. Пункты 1-13 Протокола-отчета обязательны для заполнения.
2. Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.
3. Для построения графиков используют только миллиметровую бумагу.
4. Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.