

$$v_{k+1} = \Delta x / (t_{k+1} - t_k)$$

$\Delta x$  – расстояние между датчиками

$$\Delta_k = x_k - g_{\mathcal{K}} \frac{t_k^2}{2}$$

$$S_1 = \frac{1}{(3!)^2 n} \sum_{k=1}^n t_k^6$$

$$S_2 = \frac{1}{12^2 n} \sum_{k=1}^n t_k^7 \quad S_3 = \frac{1}{(4!)^2 n} \sum_{k=1}^n t_k^8$$

$$Y_1 = \frac{1}{3!n} \sum_{k=1}^n \Delta_k t_k^3 \quad Y_2 = \frac{1}{4!n} \sum_{k=1}^n \Delta_k t_k^4$$

(значения  $Y_1, Y_2, S_1, S_2$  и  $S_3$  рассчитываются по всей совокупности экспериментальных данных, независимо от значений  $v_k$  и  $\Delta_k$ )

# **Отчет по лабораторной работе МодТ – 02**

## **ДВИЖЕНИЕ В ВЯЗКОЙ СРЕДЕ**

Студент(ка) \_\_\_\_\_ гр. \_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

ДОПУСК	ДАННЫЕ	РЕЗУЛЬТАТЫ
дата подпись преподавателя	дата подпись преподавателя	дата подпись преподавателя

**Цель работы:** изучение одномерного движения тела в вязкой среде. Определение кинематических характеристик движения тела (зависимости ускорения, скорости и координаты тела от времени). Вычисление коэффициента вязкости среды.

## **Краткое теоретическое содержание работы**

*Идеальной жидкостью* называется

*Вязкость – это*

*Действие сил внутреннего трения проявляется в том, что*

*Ламинарным* называется

*Градиентом скорости* в заданном направлении называется

Формула для силы внутреннего трения, действующая между двумя слоями, имеет вид:

где  $S$  –

$\eta$  – \_\_\_\_\_

$$\vec{F}_{mp} = \text{где } k - \underline{\hspace{10cm}}$$

Для тела сферической формы (радиусом  $R$ ) сила сопротивления среды имеет вид:

Зависимость координаты и скорости от времени имеет вид:

$$\text{где } \tau = U = , g_{\mathcal{K}} =$$

*Периодом установления называется* \_\_\_\_\_

*Скоростью установившегося движения называется*

## Рабочие формулы

Разложим уравнение движения в ряд:

а) В случае *равноускоренного* движения получим:

Тогда ускорения тела:

б) В случае ускоренного движения:

Тогда ускорения тела:

в) В случае *равномерного* движения:

Тогда ускорения тела:

## Эксперимент

В данной работе с помощью средств компьютерной графики моделируется процесс свободного падения тела выбранной массы в вязкой среде (жидкости или газе), которой наполнен сосуд. Высота сосуда \_\_\_\_\_ см. В сосуде на одинаковом расстоянии друг от друга расположены датчики. Для определения времени прохождения телом датчиков используется секундомер, способный измерять время с точностью до \_\_\_\_\_ с. Расстояние между датчиками можно изменять в диапазоне от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_ см.

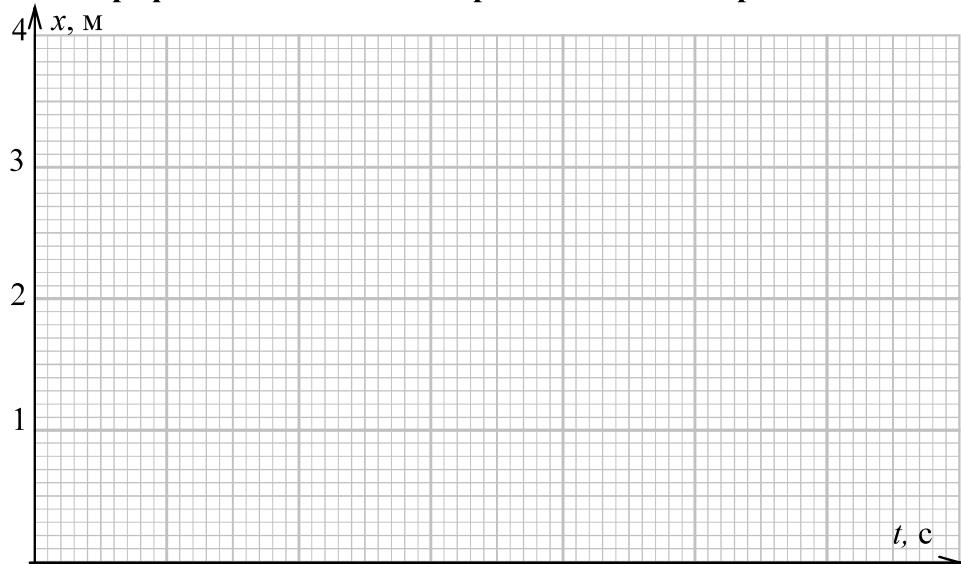
«Легкая» жидкость		$m = \Gamma$		$m = \Gamma$		$m = \Gamma$		$m = \Gamma$		$m = \Gamma$	
		$(t_k)^8, c^8$		$(t_k)^7, c^7$		$(t_k)^6, c^6$		$\Delta_k \cdot t_k^4, M \cdot c^4$		$\Delta_k \cdot t_k^3, M \cdot c^3$	
		$\Delta_k, M$		Скорость $v_k, m/c$		Время $t_k, s$					
						</td					

## **Теоретические значения**

## Вариант №

Период установления					
$\tau = \frac{2\rho TR^2}{9\eta}$ , с					
Относительная погрешность коэффициента вязкости					
(  $\eta_{эксп}$ - $\eta$   · 100%) / $\eta$					
для $m =$					

## Графики зависимости координаты тела от времени



## Выводы:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **ЭТАП 1. Изучение равномерного движения**

## Начальные данные

«Тяжелая» жидкость	Плотность $\rho_{Ж}$ , г/см <sup>3</sup>	Вязкость $\eta$ , г/(см·с)	Плотность тела $\rho_T$ , г/см <sup>3</sup>	Ускорение $g_{Ж} = \left(1 - \frac{\rho_{Ж}}{\rho_T}\right) g$ , м/с <sup>2</sup>

Ускорение свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

Расстояние между датчиками  $\Delta x =$  \_\_\_\_\_ см

## Экспериментальные результаты

Масса тела					
$m$ , г					
Радиус $R$ , см					
Длительность эксперимента					
$t_{\text{эксп}}$ , с					
Скорость тела становится постоянной, начиная с момента времени $t_0$					
$t_0$ , с					
Скорость установившегося движения					
$U$ , м/с					
$x_0$ , м					
Период установления					
$\tau$ , с					
$t_{\text{эксп}}/\tau$					
Коэффициент вязкости					
$\eta_{\text{эксп}}$ , г/(см·с)					
Аналитические зависимости (формулы)					
$x(t) = x_0 + Ut$					
$v(t)$ , м/с					
$a(t)$ , м/с <sup>2</sup>					

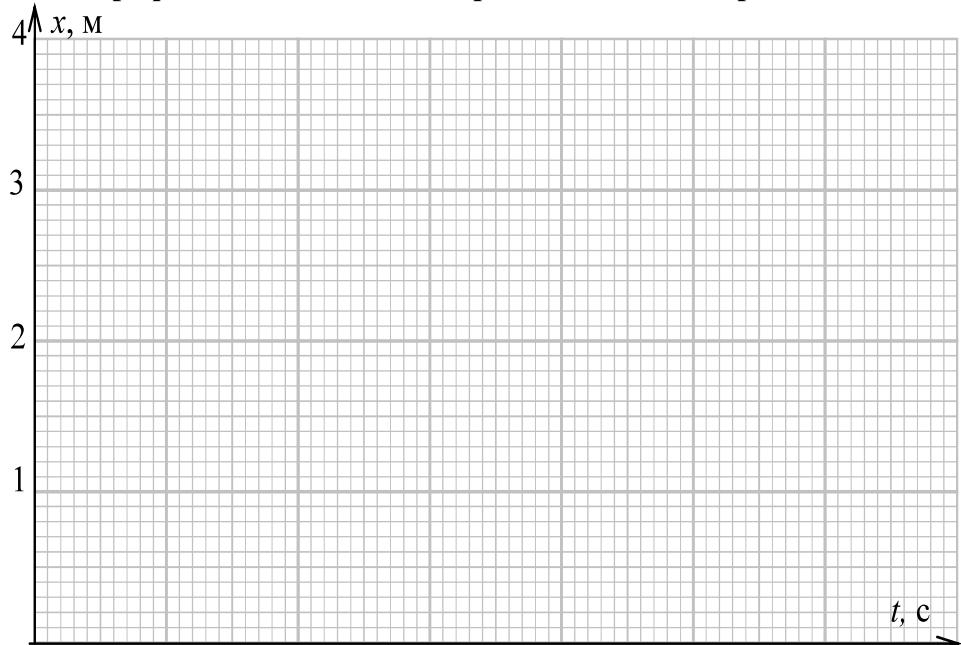
## **Теоретические значения**

## Период установления

$$\tau = \frac{2\rho_T R^2}{q_n}, \text{ с}$$

Скорость установившегося движения					
$U = g_k \tau, \text{ м/с}$					
Относительная погрешность коэффициента вязкости					
$( \eta_{\text{эксп}} - \eta  \cdot 100\%) / \eta$					
для $m =$					

## Графики зависимости координаты тела от времени



## **Выводы:**

---

---

---

---

---

---

---

### **ЭТАП 3. Изучение ускоренного движения**

## Начальные данные

«Легкая» жидкость	Плотность $\rho_{Ж}$ , г/см <sup>3</sup>	Вязкость $\eta$ , г/(см·с)	Плотность тела $\rho_T$ , г/см <sup>3</sup>	Ускорение $g_{Ж} = \left(1 - \frac{\rho_{Ж}}{\rho_T}\right) g$ , м/с <sup>2</sup>

Ускорение свободного падения  $g = 9,81 \text{ см/с}^2$

Расстояние между датчиками  $\Delta x =$  см

## Экспериментальные результаты

## **Масса тела**

$m, \Gamma$					
Радиус $R, \text{ см}$					

### Длительность эксперимента

Параметры эксперимента				
$t_{\text{эксп}}, \text{с}$				
$\alpha_1 = \frac{Y_1}{S_1} - \alpha_2 \frac{S_2}{S_1}, \text{ м/с}^3$				

Вклад первого неквадратичного по времени слагаемого

$$\delta_1 = \frac{\alpha_1 t_{\text{эксп}}}{3g_{\mathcal{K}}} \cdot 100\%$$

Вклад второго неквадратичного по времени слагаемого

$$\delta_2 = \frac{\alpha_2 t_{\text{эксп}}}{4\alpha} \cdot 100\%$$

### Период установления

Период установления				
$\tau = -g_{\text{ж}}/\alpha_1, \text{ с}$				
$\tau/t_{\text{эксп}}$				

## Коэффициент вязкости

Коэффициент вязкости					
$\eta_{\text{экспл}}$ , Г/(см·с)					

## Аналитические зависимости (формулы)

$x = g_0 \frac{t^2}{2} + \alpha_1 \frac{t^3}{3!} + \alpha_2 \frac{t^4}{4!}$				
$v(t)$				
$a(t)$				

T<sub>a3</sub>

( $m$  – масса тела;  $\Delta_k$  – отличие от равноускоренного движения)

$$v_{k+1} = \frac{\Delta x}{t_{k+1} - t_k}$$

$$\Delta_k = x_k - g_{\mathcal{K}} \frac{t_k^2}{2}$$

$$S = \frac{1}{(3!)^2 n} \Delta$$

$$Y = \frac{1}{3!n} \sum_{k=1}^n \Delta_k t_k^3$$

значения  $Y$  и  $S$  рассчитываются по всей совокупности экспериментальных данных, независимо от значений  $u_k$  и  $\Delta_k$

«Тяжелая» жидкость

$$S_1 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n$$

$$k \quad S_2 = \frac{1}{n}$$

$$\sum_{k=1}^n t_k^2$$

$$y_1 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$$

$v_{k+1} = \Delta x(t_{k+1} - t_k)$ ;  $\Delta x$  – расстояние между датчиками

## ЭТАП 2. Изучение равноускоренного движения

### Начальные данные

Газ	Плотность $\rho_{\mathcal{K}}$ , г/см <sup>3</sup>	Вязкость $\eta$ , г/(см·с)	Плотность тела $\rho_T$ , г/см <sup>3</sup>	Ускорение $g_{\mathcal{K}} = \left(1 - \frac{\rho_{\mathcal{K}}}{\rho_T}\right) g$ , м/с <sup>2</sup>

Ускорение свободного падения  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>

Расстояние между датчиками  $\Delta x =$  \_\_\_\_\_ см

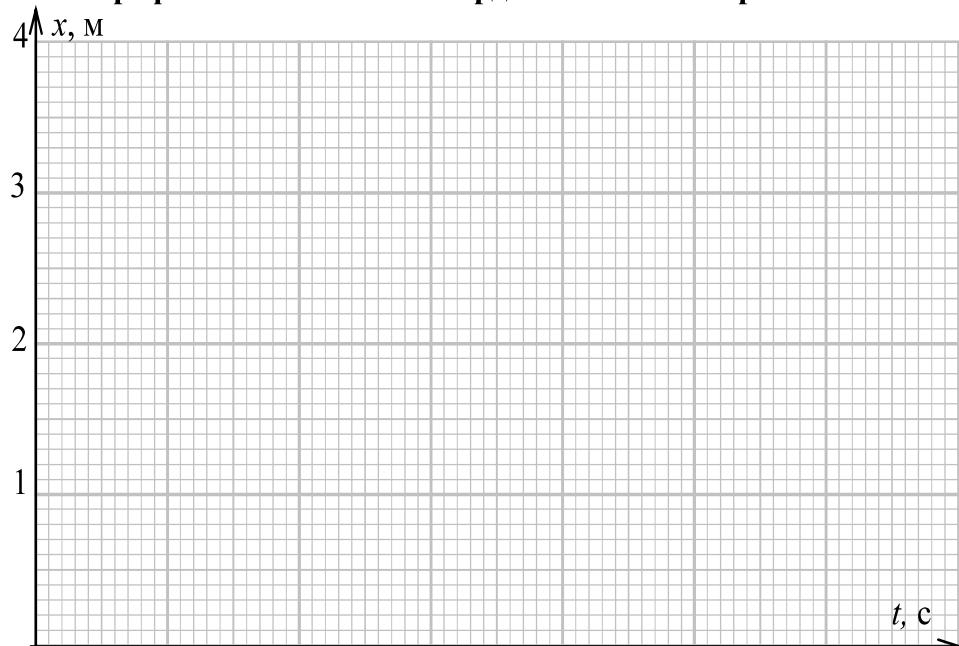
### Экспериментальные результаты

Масса тела					
$m, 10^{-3}$ г					
Радиус $R$ , см					
Длительность эксперимента					
$t_{\text{эксп}}$ , с					
$\alpha = Y/S$ , м/с <sup>3</sup>					
Вклад неквадратичного по времени слагаемого					
$\delta = \frac{\alpha t_{\text{эксп}}}{3g_{\mathcal{K}}} \cdot 100\%$					
Период установления					
$\tau = -g_{\mathcal{K}}/\alpha$ , с					
$\tau/t_{\text{эксп}}$					
Коэффициент вязкости					
$\eta_{\text{эксп}}$ , г/(см·с)					
Аналитические зависимости (формулы)					
$x = g_{\mathcal{K}} \frac{t^2}{2} + \alpha \frac{t^3}{3!}$					
$v(t)$ , м/с					
$a(t)$ , м/с <sup>2</sup>					

### Теоретические значения

Период установления					
$\tau = \frac{2\rho_T R^2}{9n}$ , с					
Относительная погрешность коэффициента вязкости					
$( \eta_{\text{эксп}} - \eta  \cdot 100\%) / \eta$					
для $m =$					

### Графики зависимости координаты тела от времени



### Выводы:

---



---



---



---



---



---



---



---



---