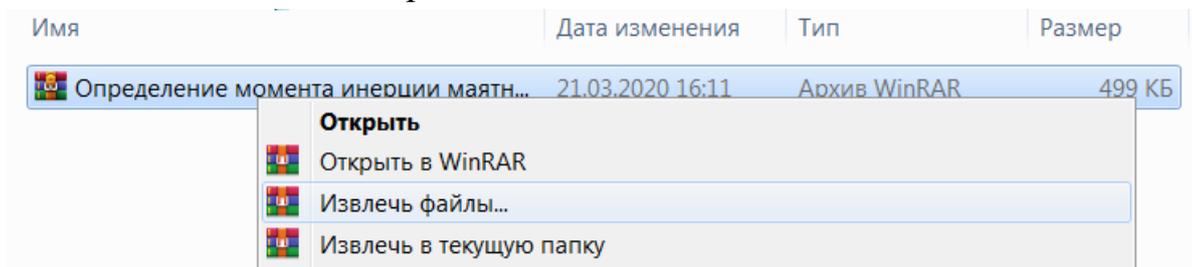
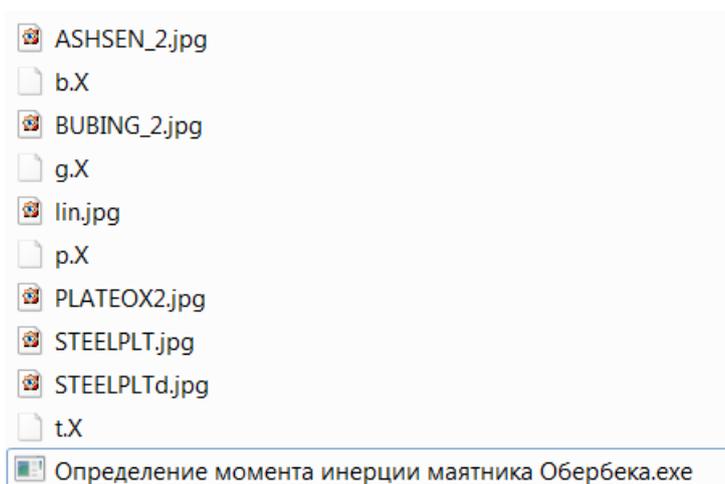


## Инструкция по работе с виртуальной лабораторной работой «Определение момента инерции маятника Обербека»

1. Скачать архив с программой по ссылке:  
[https://ciu.nstu.ru/kaf/persons/220/a/file\\_get/304144?nomenu=1](https://ciu.nstu.ru/kaf/persons/220/a/file_get/304144?nomenu=1)
2. Распаковать скаченный архив



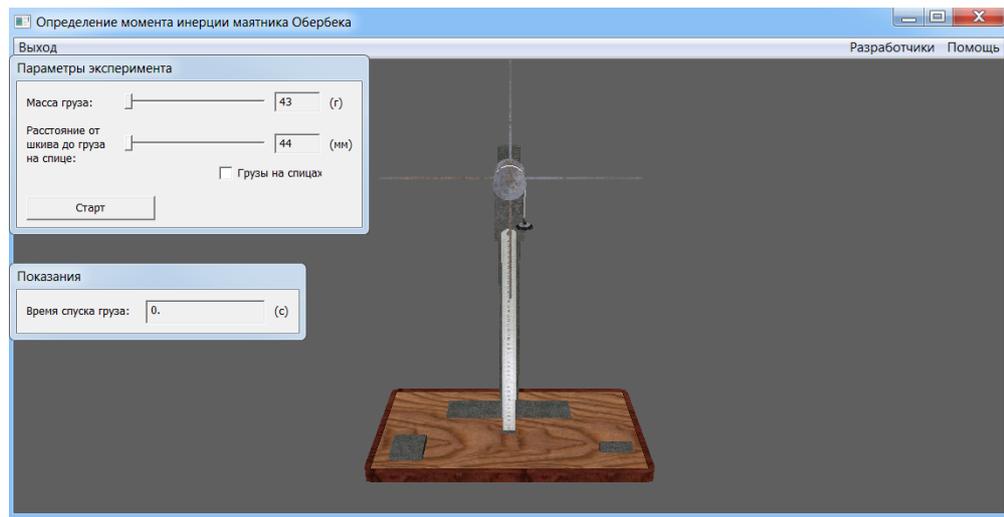
3. Открыть папку «Определение момента инерции маятника Обербека»
4. Запустить файл «Определение момента инерции маятника Обербека.exe»



5. Появится заставка

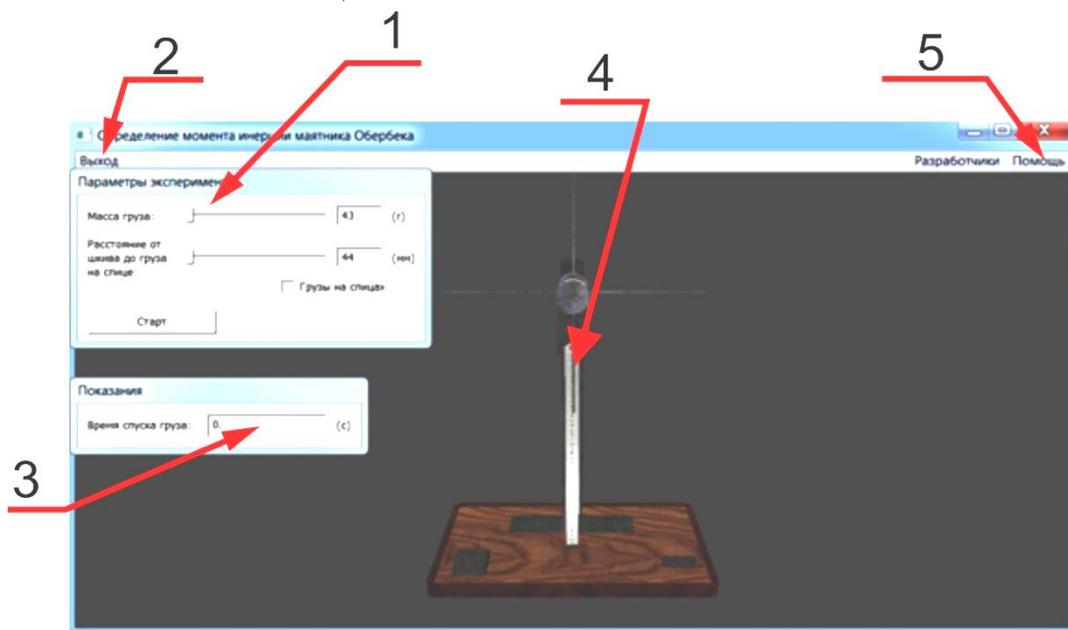


6. Нажмите клавишу Enter
7. Появится окно программы



8. В окне программы вы можете увидеть:

1. Окно с параметрами эксперимента
2. «Выход» из программы
3. Показания секундомера
4. 3D модель маятника Обербека
5. Меню «Помощь»



9. В окне 1 можно менять массу груза на **нити**, расстояние до грузов на спицах, а также их наличие или отсутствие

10. В окне 3 показано время опускания грузов

11. В окне 5 приведена справка, в которой указана рабочая формула для расчетов и другие параметры установки (радиус шкива, масса грузов на спицах и т.д.)

Для расчета движения механической системы маятник-груз применим уравнения динамики поступательного движения для груза, закрепленного на нити, и динамики вращательного движения для маятника.

Рабочая формула для определения момента инерции маятника:  

$$I = \frac{(m-m_0)gR^2t^2}{2x} - mR^2$$
, где  $m$  – масса груза,  $R$  – радиус шкива, на которую намотана нить,  $t$  – время опускания груза,  $x$  – расстояние, на которое опускается груз,  $m_0$  – максимальная масса, при которой маятник Обербека не крутится.

Для используемого в работе маятника Обербека справедливо неравенство  $\frac{gt^2}{2x} \gg \frac{m}{m-m_0}$ . Учитывая это, получаем:  $I = \frac{(m-m_0)gR^2t^2}{2x}$ .

Данные установки:

$$R_{\text{шкива}} = 0.022 \text{ м}$$

$$m_{\text{груза на спице}} = 0.062 \text{ кг}$$

$x$  – расстояние, на которое опускается груз = 0.5м

### Задания к работе «Определение момента инерции маятника Обербека»

Методическое пособие доступно по ссылке:

[https://ciu.nstu.ru/kaf/of/a/file\\_get/302319?nomenu=1](https://ciu.nstu.ru/kaf/of/a/file_get/302319?nomenu=1)

Видеоописание реальной Л/р доступно по ссылке:

[https://ciu.nstu.ru/kaf/of/a/file\\_get/258847?nomenu=1](https://ciu.nstu.ru/kaf/of/a/file_get/258847?nomenu=1)

Видеодемонстрация виртуальной Л/р доступно по ссылке:

[https://ciu.nstu.ru/kaf/of/a/file\\_get/304160?nomenu=1](https://ciu.nstu.ru/kaf/of/a/file_get/304160?nomenu=1)

1. Откройте программу.
2. Выберите массу  $m$  груза на нити (в диапазоне от 43 г до 94 г).
3. Убедитесь, что галочка в пункте «Груз на спицах» **отсутствует**.
4. Нажмите кнопку «Старт»
5. Занесите показания времени опускания груза в таблицу измерений.
6. Для остановки и повтора эксперимента нажмите кнопку «Стоп».
7. Повторите пункты 2-6 для двух других масс груза. Результаты внесите в таблицу измерений.

8. По формуле  $\varepsilon = \frac{2x}{Rt^2}$  рассчитайте величину углового ускорения  $\varepsilon$  для соответствующих значений  $m$ .  $R$  – это радиус шкива  $R_{\text{шкива}}$ ,  $x$  – расстояние на которое опускается груз,  $t$  – время опускания (**все значения находятся в меню «Помощь» (окно 5)**).

9. Постройте зависимость  $\varepsilon(m)$ . Определите из графика по точке его пересечения с осью абсцисс значение  $m_0$ , при котором  $\varepsilon = 0$ . Величина  $m_0$  может быть пренебрежимо мало. Рассчитайте по формуле  $M_{\text{сопр}} = m_0 g R$  величину момента сил сопротивления.
- 10. Проанализируйте график полученной зависимости. Сформулируйте вывод о справедливости основного закона динамики вращательного движения.**
11. Проведите прямые пятикратные измерения времени опускания груза заданной массы  $m$  (например,  $m=43$  г) для заданного расстояния  $x$ .
12. Рассчитайте среднее время  $t$  и определите доверительную погрешность измерения  $\Delta_t$  при доверительной вероятности  $P = 90\%$ ,  $n = 5$  (см. Введение в [1]).
13. Вычислите по формуле  $J = k(m - m_0)t^2$  среднее значение момента инерции барабана со стержнями  $\langle J_1 \rangle$ .
14. Определите доверительную погрешность косвенных измерений этого момента инерции  $\Delta_{J_1}$  (см. Введение в [1]) и запишите результаты в виде  $J_1 = \langle J_1 \rangle \pm \Delta_{J_1}$ .
15. Поставьте галочку «Груз на спицах».
16. Задайте расстояние от шкива до груза на спицах. Учтите, что к этому расстоянию нужно прибавить радиус шкива. Масса одного груза указана в меню «Помощь»
17. Проведите однократные измерения времени  $t$  опускания груза массой  $m$  (выберите одно значение) при трех различных расстояниях грузов на спицах  $r$  (без учета радиуса шкива, он же учтен) от оси вращения.
18. Используя результаты измерений п.16-17, рассчитайте значения момента инерции маятника с грузиками на стержнях по формуле  $J = k(m - m_0)t^2$ .
19. Вычислите моменты инерции маятника с грузами на стержнях по формуле (3.7) при различных расстояниях  $r$ . При этом, как показали предварительные опыты, можно с допустимой точностью использовать в качестве величины  $m_0$  ее значение, найденное ранее для крестовины без грузов на спицах. Сравните полученные данные со значениями момента инерции, вычисленными по формуле (3.8) для соответствующих значений  $r$ . Результаты вычислений занесите в таблицу измерений.
20. Постройте на одном рисунке графики экспериментально полученной и теоретически ожидаемой зависимости момента инерции маятника от  $r^2$ .
21. Отметьте на одних осях экспериментальные точки и постройте график теоретически ожидаемой зависимости момента инерции маятника от  $r^2$ .
22. Проанализируйте графики экспериментальной и теоретической (рассчитанной по формуле  $J = J_1 + 4m_1 r^2$ , где  $m_1$  - масса 1 груза на спице (см. «Помощь»)) зависимостей и сделайте вывод о справедливости теоретических представлений о моменте инерции.

*В выводах отразите Ваше понимание достижения цели лабораторной работы путем анализа результатов решения двух поставленных экспериментальных задач.*

**Лабораторная работа №3. «Определение момента инерции маятника Обербека» Таблица измерений (примерные)**

$N$	$m$	$x$	$t$	$\varepsilon$	$m_0$	$M_{\text{сопр}}$
	кг	м	с	$\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$	кг	Н·м
1						
2						
3						

$N$	$m$	$x$	$t$	$\bar{t}$	$\bar{t} - t_i$	$(\bar{t} - t_i)^2$	$\Delta t$	$\bar{I}$	$\Delta I$
	кг	м	с	с	с	$\text{с}^2$	с	кг·м <sup>2</sup>	кг·м <sup>2</sup>
1									
2									
3									
4									
5									

$N$	$m$	$m_1$	$r$	$t$	$x$	$I_{\text{теор}}$	$I_{\text{эсп}}$
	кг	кг	м	с	м	кг·м <sup>2</sup>	кг·м <sup>2</sup>
1							
2							
3							

### Литература

1. [Механика и термодинамика. Методическое пособие для лабораторного практикума по физике 2020](#)
2. Давыдков В.В. Физика: механика, электричество и магнетизм: учебное пособие / В.В. Давыдков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. С.23-38, 45-47. **С.38-46.**
3. Иродов И.Е. Механика. Основные законы / И.Е. Иродов. – 12-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. С.71-82, 93-136, 157-169, **С.173-178**
4. Трофимова Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. — 11-е изд., стер. — М.: Издательский центр Академия, 2006. С.19-21, 23-33,

38-40, C.34-38.