

*Муниципальное бюджетное  
общеобразовательное учреждение  
«Лицей № 15» города Воронежа*



# Задача № 15

## **«Вареное яйцо»**

**ТЮФ -  
2016**

# *Условие задачи*

Предложите неразрушающие методы для определения степени, до которой сварено куриное яйцо в кипящей воде. Изучить чувствительность ваших методов.

# *Цели и задачи*

- 1) Подобрать неразрушающие методы для определения степени, до которой сварено куриное яйцо в кипящей воде.
- 2) Построить теоретическую модель и выполнить теоретическую оценку степени, до которой сварено яйцо.
- 3) Изучить чувствительность предложенных нами методов.

# Оборудование

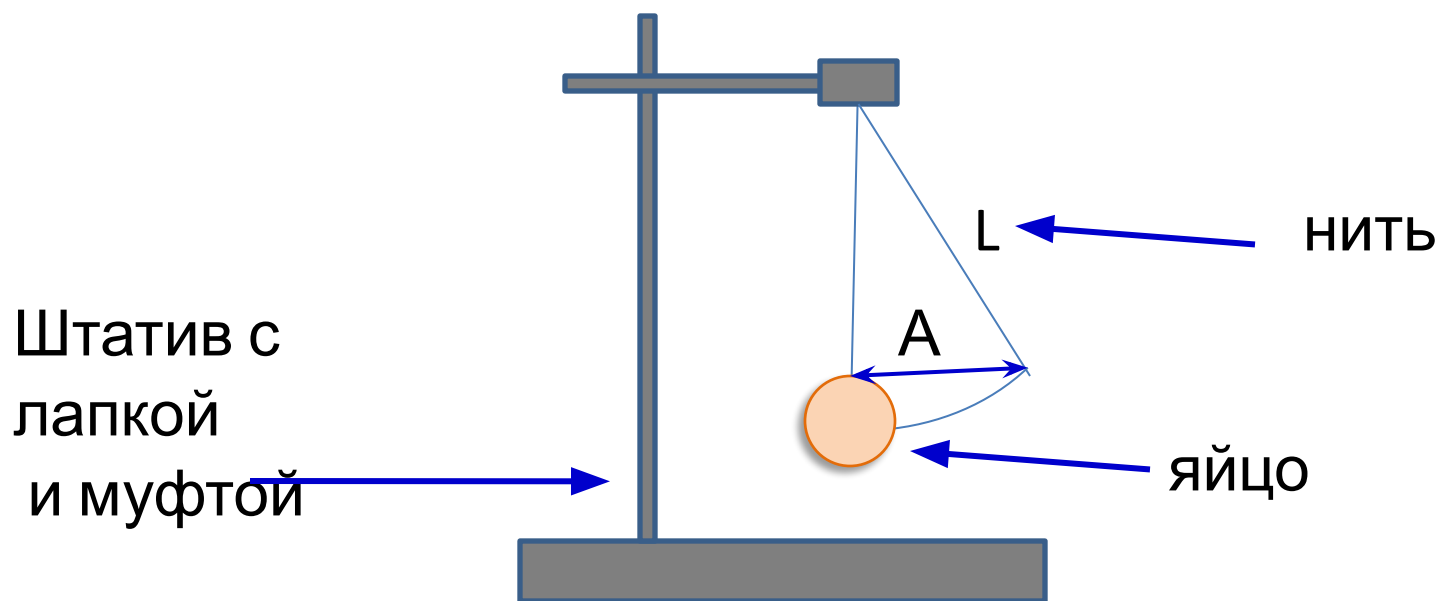
- 1) направляющие рейки
- 2) нить
- 3) измерительная лента
- 4) термометр
- 5) секундомер
- 6) весы
- 7) сосуд с холодной водой
- 8) штатив с муфтой и



# Экспериментальная установка

## №1

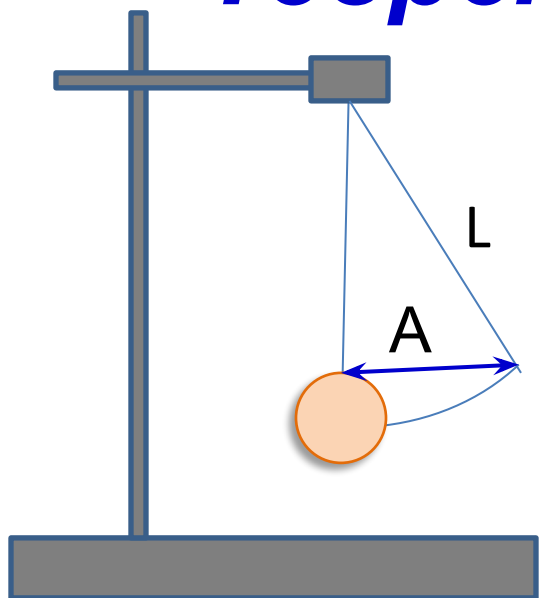
(с применением нитяного маятника)



# Работа экспериментальной установки № 1



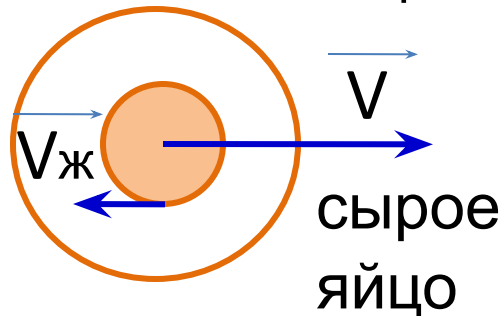
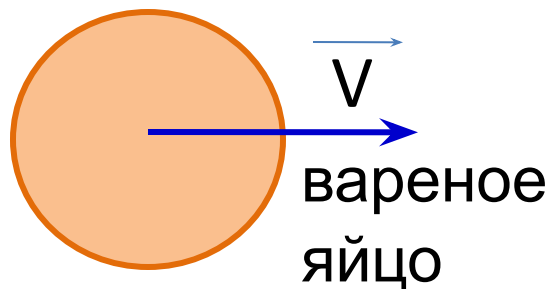
# Теоретическая модель № 1



Колебания тела на нити –  
**затухающие.**

**Причины:**

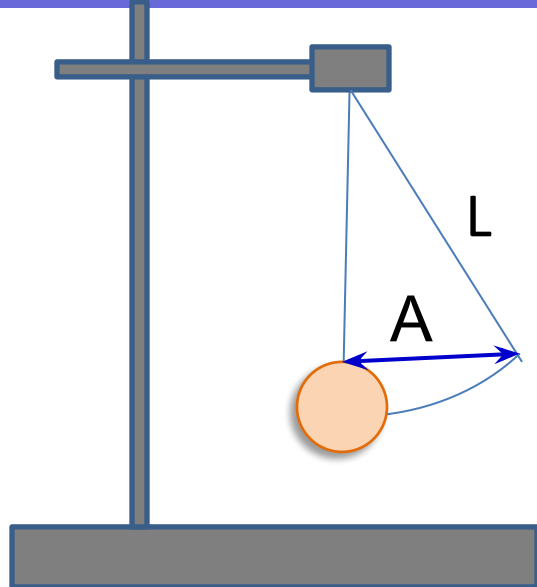
- 1) сила сопротивления воздуха
- 2) *тормозящее действие жидкого содержимого в яйце.*



**По ЗСЭ:**

$$E_{п} \rightarrow E_{к} \rightarrow U$$

# Методика проведения эксперимента № 1



## Условия проведения эксперимента:

- 1) длина нити – 24 см.
- 2) амплитуда максимальная – 8 см.
- 3) начальная температура воды – 57°С (сворачивается белок).

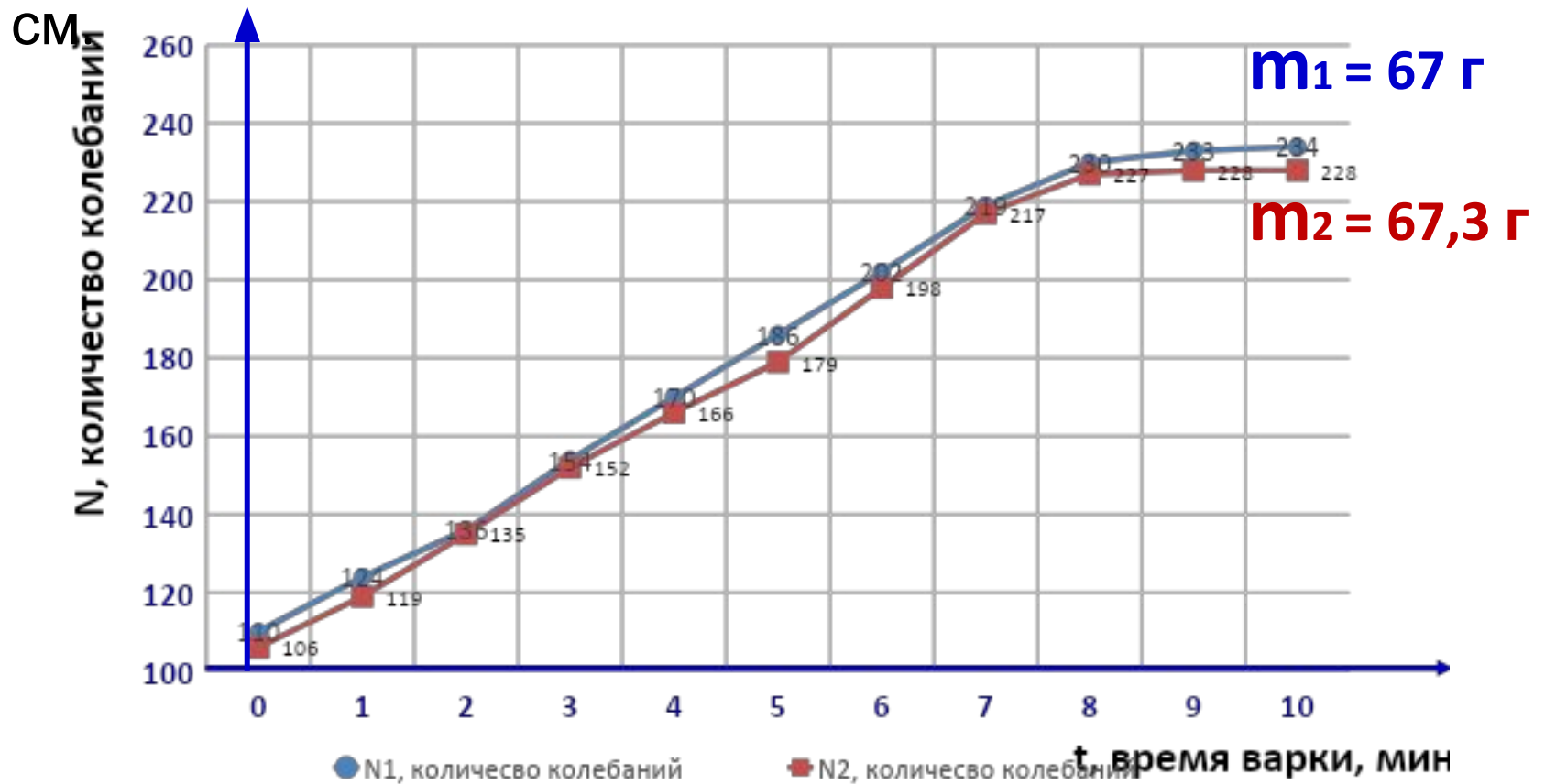
## Опыт 1.

- 1) Варим яйцо 1 минуту.
- 2) Охлаждаем в прохладной воде.
- 3) Определяем количество полных колебаний.
- 4) Повторяем опыты несколько раз, увеличивая время варки яйца на 1 минуту.



# График зависимости $N$ от $t$

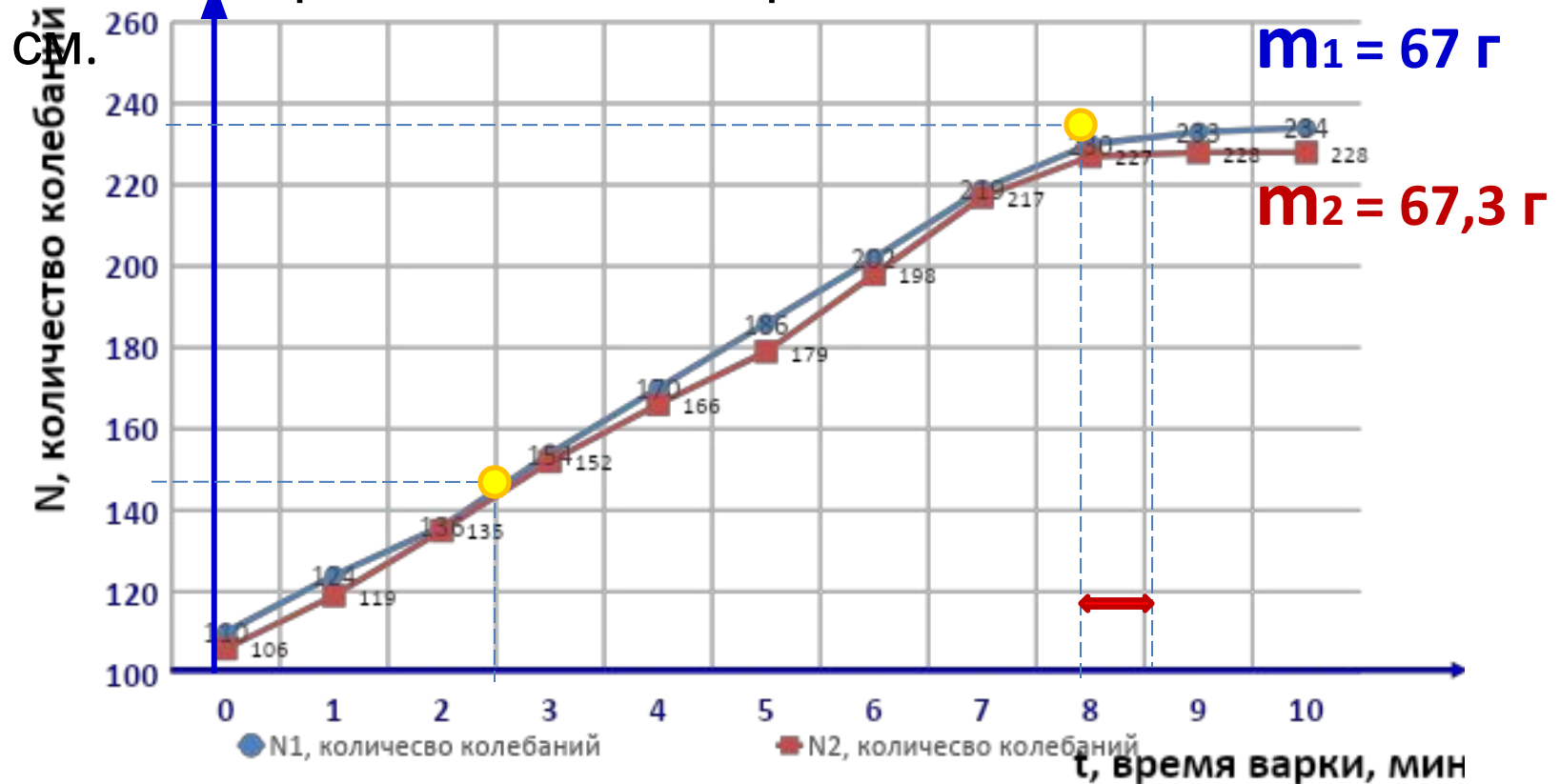
Условия проведения эксперимента:  $L = 24$  см,  $A = 8$



**Вывод:** за последние 2 мин варки  $N$  практически не изменяется.

# График зависимости $N$ от $t$

Условия проведения эксперимента:  $L = 24$  см,  $A = 8$



Два опытных образца:

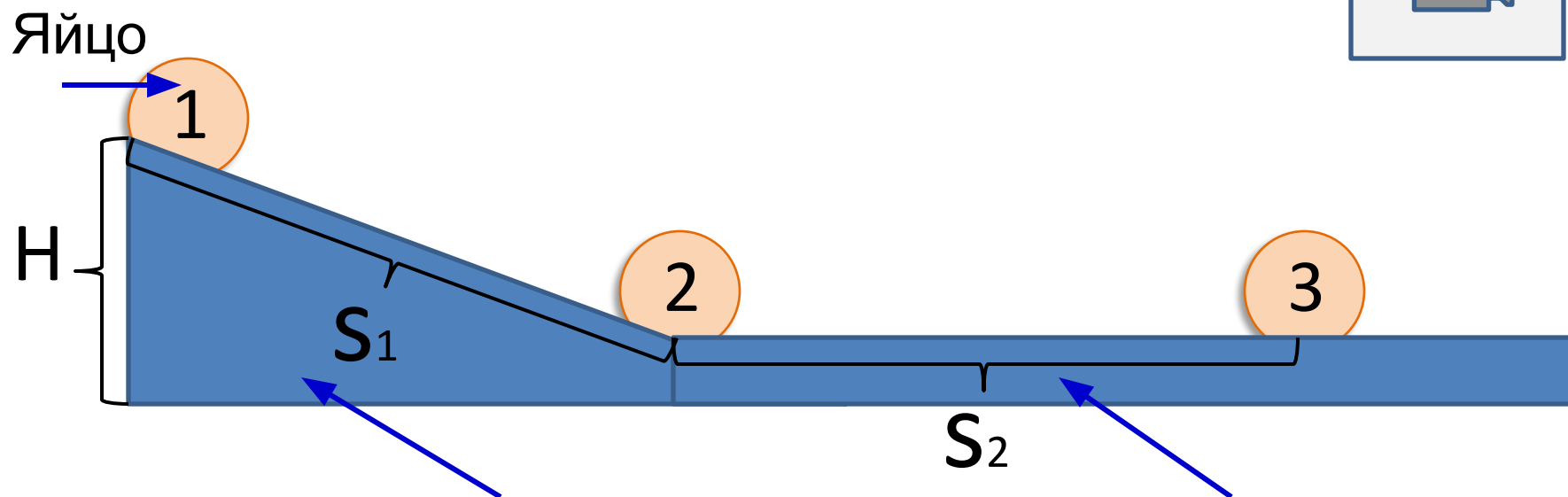
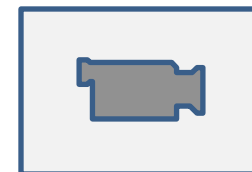
№ п/п	$t_n$ , варки (мин)	$m$ , масса яйца (г)	$N$ , кол. колеб.	$t_{гр}$ , варки (мин)
$X_1$	2,5	66,8	142	2,5
$X_2$	8	66,8	226	8-8,5

**Вывод:** данный метод является более чувствительным при варке яйца в течение первых 7 минут, и последние 2-3 минут метод менее чувствителен.

# Экспериментальная установка

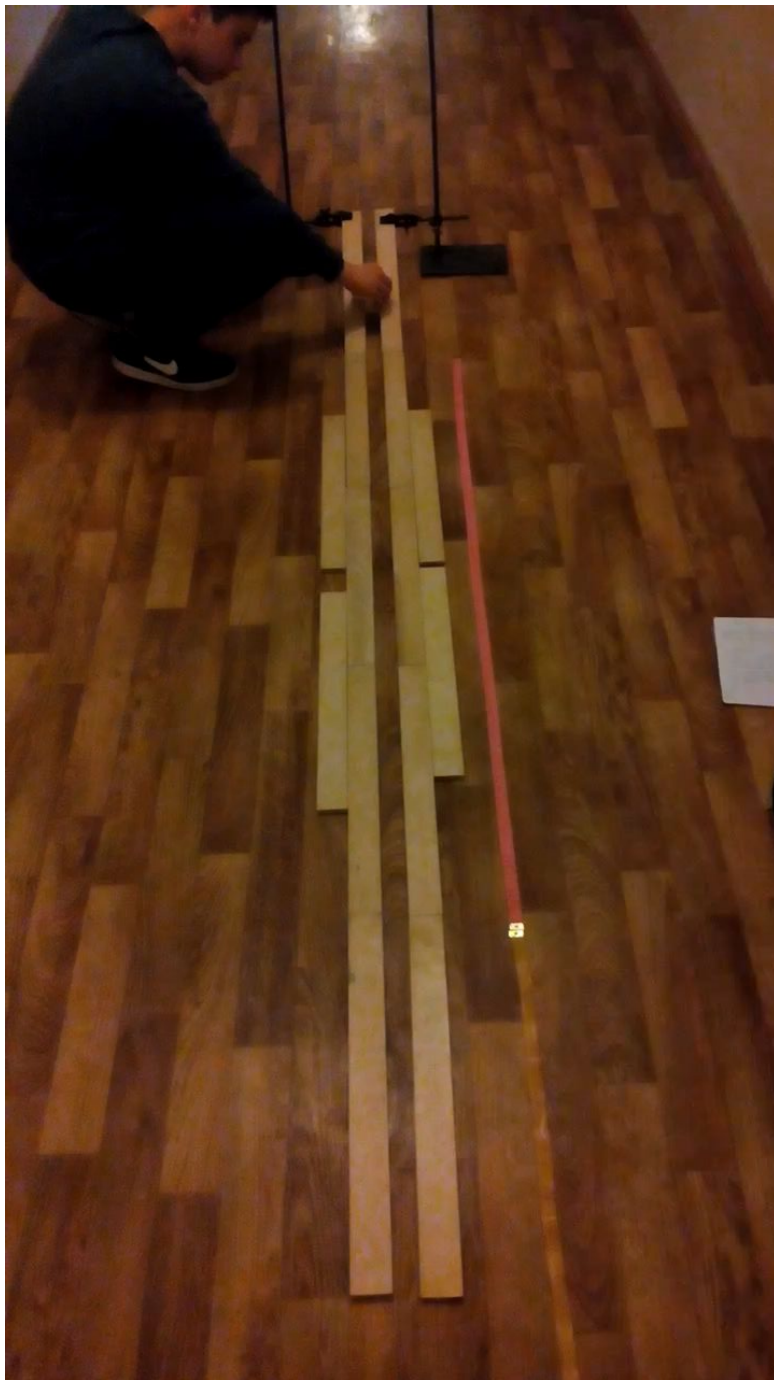
## №2

(с применением наклонной плоскости)



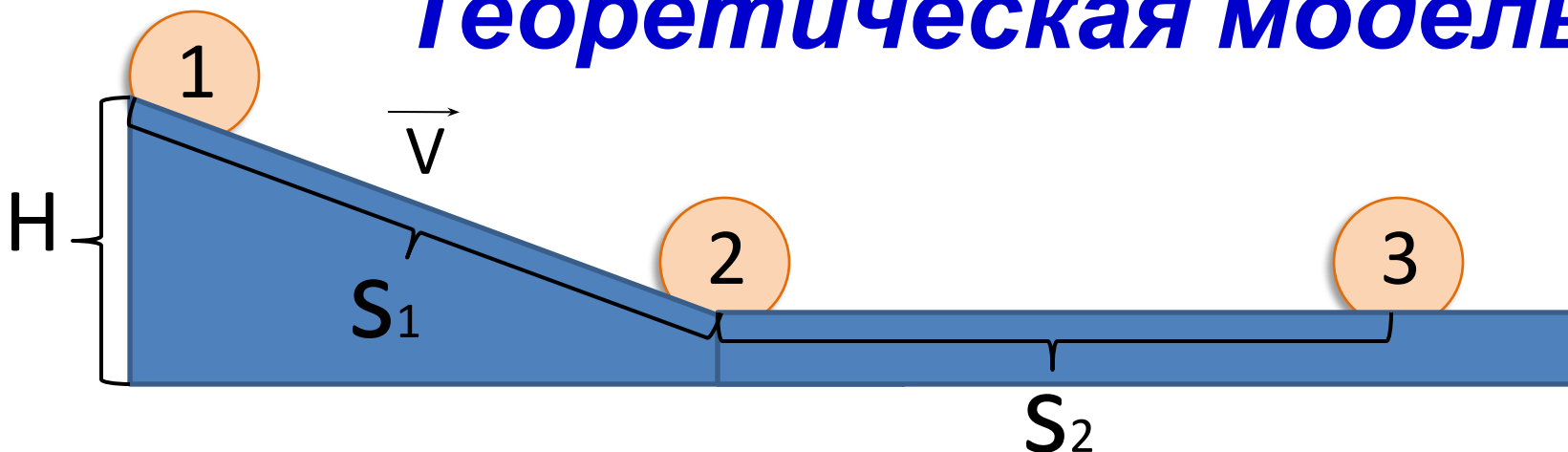
Наклонная плоскость с направляющими рейками

Горизонтальная плоскость с направляющими рейками



## ***Работа эксперименталь- ной установки № 2***

# Теоретическая модель № 2



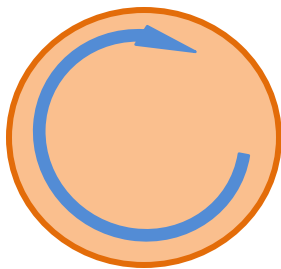
- 1) По ЗСЭ для цилиндра, который скатывается по наклонной плоскости:  $E_{\text{п}} = E_{\text{к}} + E_{\text{к в р}}$ .  
 $E_{\text{п}} = mgH$ ,  $E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$ ,  $E_{\text{к в р}} = \frac{I\omega^2}{2}$ ,

где  $I$  – момент инерции,  $\omega$  – угловая скорость.

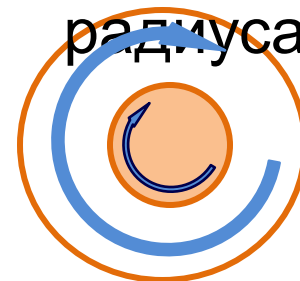
$$\rightarrow \boxed{mgH = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}}$$

# Теоретическая модель

Тело в твердом состоянии  
(яйцо сварено)



Совокупность тел разного  
агрегатного состояния и  
радиуса



$$mgH = \uparrow \frac{mv_1^2}{2} + \downarrow \frac{I_1\omega_1^2}{2}$$

$$E_p = \uparrow E_{k1} + \downarrow E_{k1}$$

$$mgH = \downarrow \frac{mv_2^2}{2} + \uparrow \frac{I_2\omega_2^2}{2}$$

$$E_p = \downarrow E_{k2} + \uparrow E_{k2}$$

**Выводы:** 1) скорость поступательного движения вареного яйца в конце наклонной плоскости больше, т.к. меньше кинетическая энергия вращательного движения, следовательно перемещение его по горизонтали больше;  
2) Причина разных перемещений – инерция. Момент инерции для вареного яйца меньше, чем у сырого (частично сваренного).

# Методика проведения эксперимента № 2

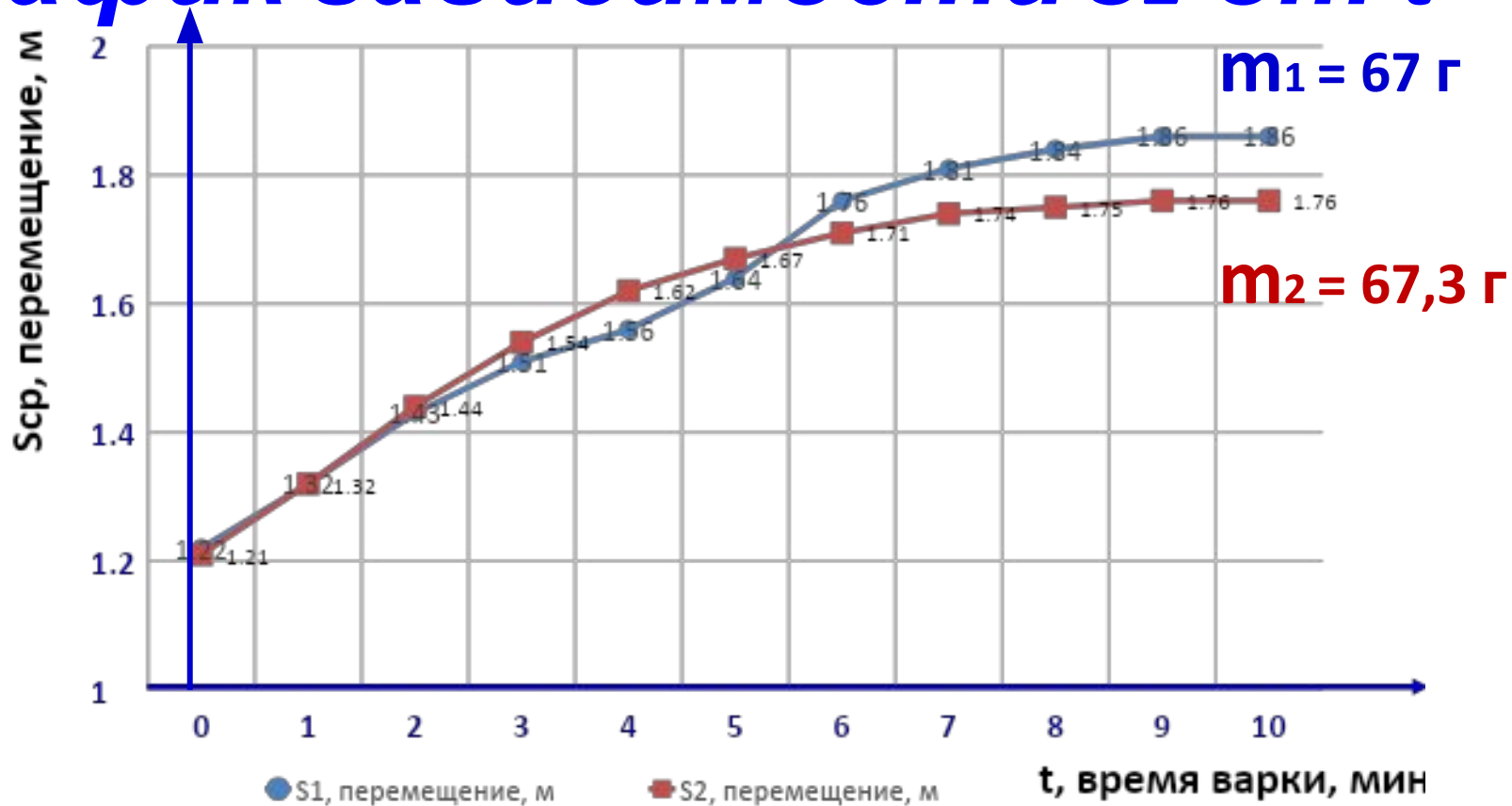
## Опыт 1.

### Условия проведения эксперимента:

- 1) длина наклонной плоскости – 17 см.
- 2) высота наклонной плоскости – 4 см.

- 1) Варим яйцо 1 минуту.
- 2) Охлаждаем в прохладной воде.
- 3) Определяем перемещение яйца на наклонной плоскости.
- 4) Повторяем опыты несколько раз, увеличивая время варки яйца на 1 минуту.

# График зависимости $S_2$ от $t$



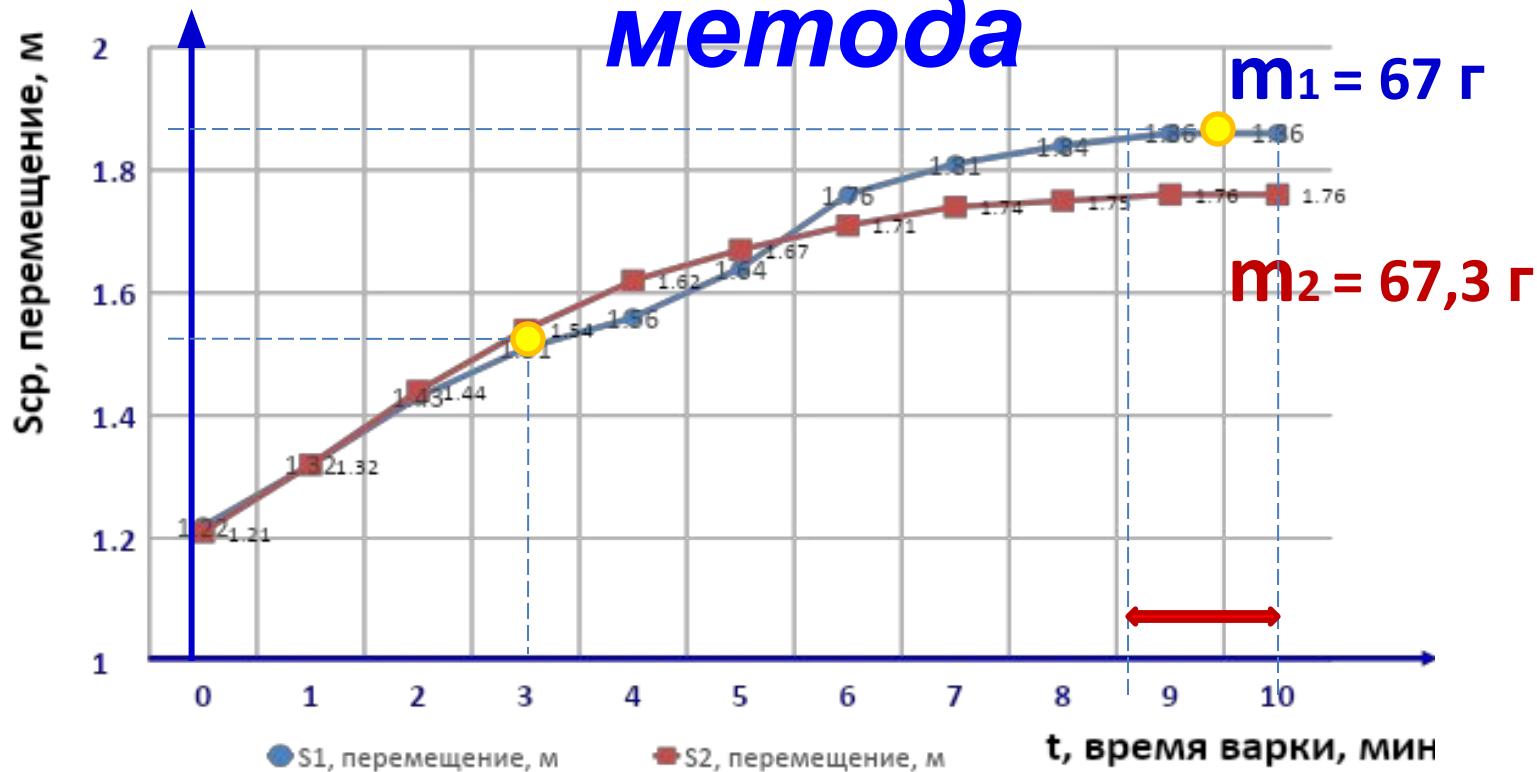
## Вывод:

1) приращение  $S$  за последние 3 мин варки  $S$  практически равно 0.



# Проверка чувствительности

## метода



Два опытных образца:

№ п/п	t <sub>n</sub> , варки (мин)	m, масса яйца (г)	S, перем, (м)	t <sub>гр</sub> , варки (мин)
X <sub>1</sub>	2,5	66,8	1,52	3
X <sub>2</sub>	8	66,8	1,86	8,6-10

**Вывод:** данный метод является более чувствительным при варке яйца в течение первых 6 минут, и последние 4 минуты метод менее

# ***Выводы:***

- 1) Подобрали неразрушающие методы для определения степени, до которой сварено куриное яйцо в кипящей воде.
- 2) Построили теоретическую модель явления.
- 3) Изучили чувствительность метода предложенного нами.
- 4) Чувствительнее метод на основе нитяного маятника

# Экспериментальные данные

Таблица

<sup>1</sup> № п/п	L, длина нити (м)	Aм, амплитуда (м)	t, время варки (мин)	m1, масса яйца (г)	N, кол. колеб (м)
1	0,24	0,04	0	67	110
2			1		124
3			2		132
4			3		154
5			4		168
6			5		175
7			6		202
8			7		219
9			8		230
10			9		233

# Экспериментальные данные

Таблица

<sup>2</sup> № п/п	L, длина нити (м)	Aм, амплитуда (м)	t, время варки (мин)	m1, масса яйца (г)	N, кол. колеб (м)
1	0,24	0,04	0	67,3	106
2			1		119
3			2		130
4			3		152
5			4		166
6			5		174
7			6		198
8			7		217
9			8		227
10			9		228

# Экспериментальные данные

Таблица

<sup>3</sup> № п/п	L, длина наклон. пл- ти (м)	H, высота наклон. пл- ти (м)	t, время варки (мин)	m1, масса яйца (г)	S <sub>2</sub> , перемещ. (м)
1	0,17	0,04	0	67	1,22
2			1		1,32
3			2		1,43
4			3		1,51
5			4		1,56
6			5		1,64
7			6		1,76
8			7		1,81
9			8		1,84
10			9		1,86

# Экспериментальные данные

Таблица

4

№ п/п	L, длина наклон. пл- ти (м)	H, высота наклон. пл- ти (м)	t, время варки (мин)	m <sub>2</sub> , масса яйца (г)	S <sub>2</sub> , перемещ. (м)
1	0,17	0,04	0	67,3	1,21
2			1		1,32
3			2		1,44
4			3		1,54
5			4		1,62
6			5		1,67
7			6		1,71
8			7		1,74
9			8		1,75
10			9		1,76