

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ФИЗИЧЕСКОГО ТЕЛА НАХОДЯЩЕГОСЯ В «ЧЕРНОМ ЯЩИКЕ»

Габова Е.Н.

*аул Катанов, МБОУ Катановской средней общеобразовательной школы, 9 класс*

*Научный руководитель: Габова А.Н., учитель физики, аул Катанов,  
МБОУ Катановской средней общеобразовательной школы*

Эта работа интересна тем, что рассматривая олимпиадные задания по физике, приходится решать задачи различной степени трудности от почти стандартных до сравнительно сложных, требующих смекалку, глубокие знания, умения ориентироваться в непривычной или усложненной ситуации.

При подготовке к «Всесибирской открытой олимпиаде по физике», её организаторами были предложены экспериментальные задачи, одна из них нас заинтересовала, её решение потребовало создать модели установок, выполнить экспериментальные измерения, проанализировать результаты, сделать заключительные выводы.

### Чёрный ящик

**Чёрный ящик** – термин, используемый для обозначения системы, внутреннее устройство и механизм работы которой очень сложны, неизвестны или неважны в рамках данной задачи. «Метод чёрного ящика» – метод исследования таких систем, когда вместо свойств и взаимосвязей составных частей системы, изучается реакция системы, как целого, на изменяющиеся условия. Подход чёрного ящика сформировался в точных науках (в кибернетике, системотехнике и физике) в 20-40 годах XX века и был заимствован другими науками (прежде всего, бихевиористической психологией).

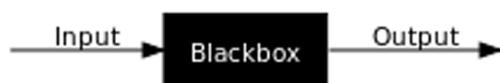


Рис. 1. Чёрный ящик, вход и выход

### Модель чёрного ящика

Система, которую представляют как «чёрный ящик», рассматривается как имеющая некий «вход» для ввода информации и «выход» для отображения результатов работы, при этом происходящие в ходе работы системы процессы наблюдателю неиз-

вестны. Предполагается, что состояние выходов функционально зависит от состояния входов.

*Каноническое представление* чёрного ящика – это полное описание его функций. Два чёрных ящика с одинаковыми каноническими представлениями считаются эквивалентными.

Изучение системы по методу чёрного ящика сводится к наблюдению за ней и проведению экспериментов по изменению входных данных, при этом в ходе наблюдения над реакциями системы на внешние воздействия достигается определённый уровень знаний об исследуемом объекте, позволяющий осуществлять прогнозирование поведения «чёрного ящика» при любых заданных условиях.

### Применимость метода

Примером применения метода чёрного ящика является исследование многополюсника, устройство которого неизвестно или бихевиористический подход к эксперименту и его интерпретация в психологии.

Знания, полученные об объекте по методу чёрного ящика, не позволяют получить информацию о его внутреннем строении.

Данный метод применяется для решения задач моделирования управляемых систем, в инженерной психологии – для формального описания деятельности оператора и построения её математических моделей.

**Задание.** *Известно, что внутри «чёрного ящика» находится несколько вставок с вертикальными вырезами квадратного сечения (см. рисунок). Найдите длину стороны выреза  $a$ , и высоту  $h$ , каждой вставки, начиная с уровня, на котором в коробку вставлена трубочка. Предложите метод её решения. Проведите измерения повторно. Оцените точность измерения.*

**Оборудование.** *«Чёрный ящик со вставками», сосуд с водой, соломинка из под коктейля, миллиметровка, шприц [5 ст. 22].*

**Цель исследовательской деятельности:** экспериментальным методом выяснить геометрические размеры и формы физических тел, находящихся в «чёрном ящике».

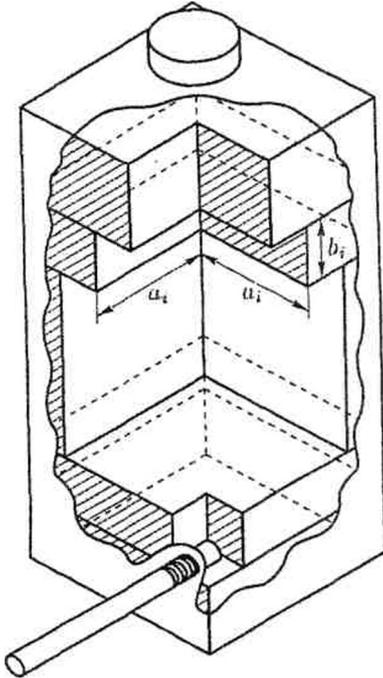


Рис. 2

Задачи:

- Изучить теорию используемых законов из физики и математики;
- Освоить метод решения поставленной цели;
- Создать модели исследуемых установок;
- Провести измерения, построить графики процессов, проанализировать их;
- Провести алгебраическое и арифметическое решение задач;
- Определить геометрические размеры и формы физических тел находящегося в «черном ящике»
- Заключение: провести сравнительный анализ и сделать выводы.

В работе применяю **эмпирические методы** исследования процессов: эксперимент, наблюдение, анализ, синтез, сравнение, обобщение.

**Гипотеза исследования:** если применить «Метод чёрного ящика» к выбранным моделям, то можно определить геометрические размеры и формы физических тел находящегося в ящике, без визуального их восприятия.

### Теоретическая часть

*Физические и математические законы используемые в работе*

**Закон сообщающихся сосудов:** свободный уровень однородной жидкости во всех коленах сообщающихся сосудов одинаков относительно поверхности земли.

**Закон Архимеда:** Тело полностью погруженное в жидкость вытесняет жидкость такого же объёма и вес этой жидкости равен силе Архимеда

$$V_T = V_{ж}$$

$$F_a = \rho_{ж} \cdot g \cdot V_{ж}$$

Математические законы:

Объём параллелепипеда:

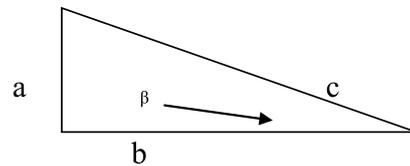
$$V = a \cdot b \cdot c$$

Объём куба:  $V = a^3$

$$\text{Объём шара: } V = \frac{4\pi R^3}{3}$$

Диаметр:  $d = 2 \cdot R$

Тангенс угла наклона:  $\text{ctgn} \cdot \beta = \frac{b}{a}$



*Погрешности при прямых измерениях физической величины*

Точность результата прямого однократного измерения значения физической величины невелика вследствие двух погрешностей, которые невозможно полностью исключить в процессе опыта, – это **случайная и грубая погрешности**.

**Случайная погрешность** – погрешность, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях. Она вызывается непостоянством внешних условий и несовершенными действиями экспериментатора.

**Грубая погрешность** (промах) – погрешность, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях. Грубая погрешность обусловлена ошибочным отсчетом или временной неисправностью измерительного прибора.

Для уменьшения влияния случайных факторов проводят многократные измерения данной физической величины  $a_1, a_2, \dots, a_n$ . При этом результаты измерений, содержащих промахи, исключаются из дальнейшей обработки результатов.

В качестве действительного значения физической величины принимают среднее арифметическое значение измеряемой величины

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

где  $n$  – число измерений.

Рассмотрим один из возможных вариантов измерений, когда проводят пять измерений случайной величины ( $n = 5$ ).

Случайную погрешность  $a_{сл}$  (или погрешность среднего арифметического) оценивают как средний модуль отклонения результатов измерений от среднего арифметического значения  $a_{ср}$ :

$$\Delta a_{сл} = \frac{|a_1 - a_{ср}| + |a_2 - a_{ср}| + |a_3 - a_{ср}| + |a_4 - a_{ср}| + |a_5 - a_{ср}|}{5}$$

Результирующая абсолютная погрешность при прямых измерениях физической величины  $a$  учитывает как приборную  $\Delta a_{пр}$ , так и случайную  $\Delta a_{сл}$  погрешность и находится как их сумма:

$$\Delta a = \Delta a_{сл} + \Delta a_{пр}$$

Значение физической величины, полученное в результате прямого измерения, записывают в виде  $a = a \pm \Delta a$

Относительная погрешность при прямых измерениях – безразмерная физическая величина, равная отношению абсолютной погрешности к среднему арифметическому значению измеряемой величины: [1 ст. 5]

$$\varepsilon = \frac{\Delta a}{a_{ср}}$$

#### Метод решения поставленной цели

Система, которую представляют как «черный ящик», рассматривается как имеющая некий «вход» для ввода информации и «выход» для отображения результатов работы, при этом происходящие в ходе работы системы процессы наблюдателю неизвестны или частично неизвестны. Предполагается, что состояние выходов функционально зависит от состояния входов [6].

Краткое решение для достижения цели: будем по два (четыре или пять, шесть) кубика через крышку установки наполнять коробку водой и записывать в таблицу высоту столба жидкости в трубочке. На миллиметровке построим график высоты столба воды в коробке от количества налитой воды. Проведу объяснение полученный график. Используя полученные результаты, определите размеры вставок и создам геометрические образы вставок. Оценю точность измерения.

#### Практическая часть исследовательской деятельности

##### Модели исследуемых установок

Подручные материалы: коробка из под молока, цилиндры из под герметика и газировки, игрушки пластиковые трубки, миллиметровая бумага, шприц, вставки вырезаны из пенопласта, универсальный клей, теннисные шарик. Собрала установки которые изображены на рис. 2. Вставки вклеены во внутрь цилиндров и коробки. Сверху все установки закрыты, там имеется отверстие для вливания воды.



Рис. 4. Экспериментальные установки

#### Исследовательская деятельность

Исследовательскую деятельность провела по следующему плану:

1. Наполнять коробку водой по два (четыре или пять, шесть) кубика через крышку установки и записывать в таблицу высоту столба жидкости в трубочке.
2. На миллиметровке построить график высоты столба воды в коробке от количества налитой воды.
3. Анализировать полученные графики.
4. Используя полученные результаты, провести алгебраическое и арифметическое решение задач; определить размеры вставок.
5. Определить геометрические размеры и формы физических тел находящегося в «черном ящике»
6. Оценить точность измерения.

*Примечание:* чтобы понять механизм физических и математических зависимостей, исследование провожу со всеми сосудами, а в данном реферате представлю отчет по коробке «Весёлый молочник», цилиндру «Krass», игрушка – конус.

#### Задача № 1 Черный ящик с «Весёлым молочником»

##### Дано:

Коробка с вставками. Вставки прямоугольные параллелепипеды в двух нижних вырезки с квадратной формой у основания.

**Вопросы:** Сколько вставок? Каковы размеры и объёмы этих вставок? Каковы размеры и объёмы вырезки в каждой вставке? Представить рисунок вставки с вырезкой. Оценить точность измерений.

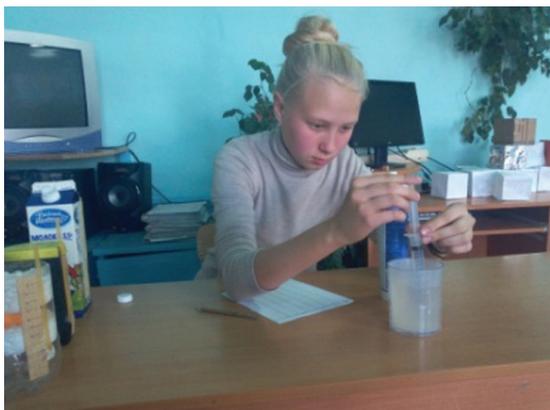


Рис. 5. Рабочий момент

*Примечание:* График программой Excel сильно сглажен, анализировать его сложно,

для анализа воспользуемся графиками на миллиметровой бумаге.

**Приложение № 1:** График зависимости подъема жидкости по капилляре от объема вливаемой воды в сосуд «Веселый молочник» (Опыт повторила трижды. Анализирую красный график процесса, остальные рассуждения и таблицы аналогичны).

*Анализ красного графика:  
Первый способ рассуждений*

1. Нижний график показывает зависимость высоты подъема жидкости в капилляре от объема вливаемой жидкости в сосуд – эта зависимость прямая. Изломы верхнего графика говорят о том, что с этих точек начинается и заканчивается вставка и её вырезка. Таким образом в данном сосуде три вставки.

Таблица 1

Рабочая таблица № 1

v (см <sup>3</sup> )	h(мм)	v (см <sup>3</sup> )	h(мм)								
0	0	75	35	145	51	220	97	295	115	370	135
5	1	80	39	150	61	225	98	300	117	375	136
10	2	85	41	155	69	230	99	305	118	380	136,5
15	3	90	42	160	77	235	100	310	120	385	137
20	3,5	95	43	165	85	240	100	315	121	390	138,5
25	4	100	44	170	86,5	245	104	320	122	395	139
30	4	105	44	175	87	250	104	325	123	400	141
35	5	110	46	180	88	255	105	330	124	405	142
40	10	115	47	185	89	260	107	335	127	Всего 83 измерения в точках Опыты повторила три раза.	
45	15	120	47,5	190	90	265	107	340	128		
50	17	125	48	195	91,5	270	108,5	345	129		
55	21	130	48,5	200	93,5	275	110,5	350	130		
60	24	135	49	205	94	280	111	355	132		
65	27	140	50	210	94,5	285	113	360	133		
70	31			215	96,5	290	114	365	134		

### Сосуд «Веселый молочник»

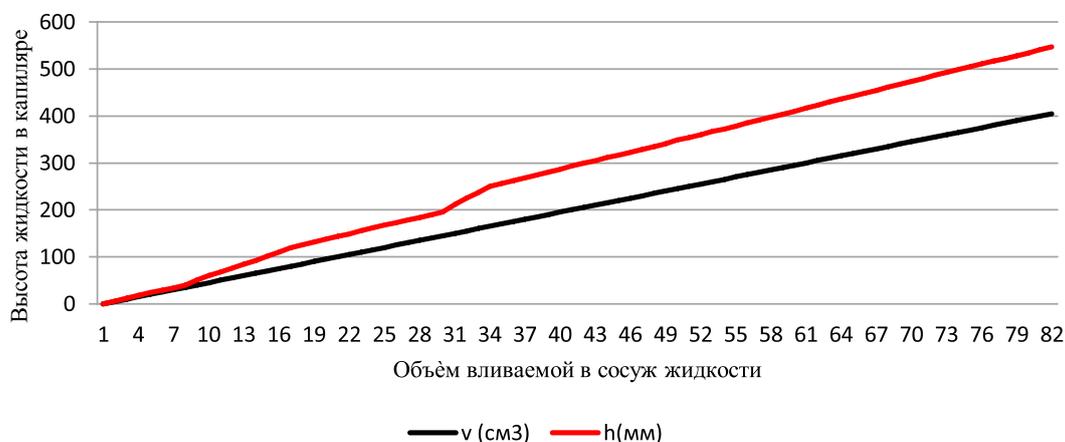


Рис. 6. Рабочий график

Так как это сообщающиеся сосуды то высота излома и есть высота вставки и «вырезки»:

$$H_1 = 40_{\text{мм}} - 5_{\text{мм}} = 35_{\text{мм}}$$

$$H_2 = 85_{\text{мм}} - 50_{\text{мм}} = 35_{\text{мм}}$$

$$H_3 = 130_{\text{мм}} - 100_{\text{мм}} = 30_{\text{мм}}$$

3. Найдем объем вырезанной части, которую заполнила вода для нижнего среднего и верхнего участка:

$$V = 80_{\text{мл}} - 35_{\text{мл}} = 45_{\text{мл}}$$

$$V_1^1 = 165_{\text{мл}} - 145_{\text{мл}} = 20_{\text{мл}}$$

$$V_2^2 = 350_{\text{мл}} - 245_{\text{мл}} = 105_{\text{мл}}$$

4. Зная высоту и то, что в основании квадрат найдем сторону квадрата «вырезки»:

$$a_1 = \sqrt{\frac{V}{H}} = \sqrt{\frac{45_{\text{см}^3}}{3,5_{\text{см}}}} = 3,6 \text{ см}$$

$$a_2 = \sqrt{\frac{V}{H}} = \sqrt{\frac{20_{\text{см}^3}}{3,5_{\text{см}}}} = 2,4 \text{ см}$$

5. Найдем площадь основания коробки:

$$S_{\text{ос}} = A^2 = 7 \text{ см} * 7 \text{ см} = 49 \text{ см}^2$$

6. Найдем объем вставки:

$$V_{\text{вст}} = S_{\text{ос}} * H - V_{\text{вырезки}}$$

$$V_{\text{вст}1} = 49 \text{ см}^2 * 3,5 \text{ см} - 45 \text{ см}^3 = 147 \text{ см}^3 - 45 \text{ см}^3 = 102 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{вст}2} = 49 \text{ см}^2 * 3,5 \text{ см} - 20 \text{ см}^3 = 147 \text{ см}^3 - 20 \text{ см}^3 = 127 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{вст}3} = 49 \text{ см}^2 * 3,5 \text{ см} - 105 \text{ см}^3 = 147 \text{ см}^3 - 105 \text{ см}^3 = 32 \text{ см}^3$$

7. Для верхней вставки найдем площадь свободной воды так как вставка маленькая:

$$S_3 = \frac{V_{\text{воды}}}{H_3} = \frac{105_{\text{см}^3}}{3 \text{ см}} = 35 \text{ см}^2$$

$$S_{\text{вставки}3} = S_{\text{осн}} - S_3 = 49 \text{ см}^2 - 35 \text{ см}^2 = 14 \text{ см}^2$$

8. Найдем сторону верхней вставки:

$$a_3 = \sqrt{S_{\text{вст}3}} = \sqrt{14_{\text{см}^2}} = 4,7 \text{ см}$$

9. На какой высоте от основания находится каждая вставка:

$$h_1 = 5_{\text{мм}}$$

$$h_2 = 50_{\text{мм}}$$

$$h_3 = 100_{\text{мм}}$$

*Анализ графика:*

*Второй способ рассуждений*

Рассмотрим геометрическую интерпретацию графика: [2 и 4]

$\beta$  = угол наклона графика  $\Rightarrow \text{ctan } \beta$  = площади вырезанной части  
это следует из математической аналогии:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta V = a^2 * \Delta h \\ \Delta V = \text{ctan } \beta * \Delta h \end{array} \right\} \Rightarrow \text{ctan } \beta = a^2$$

$$\text{ctan } \beta_1 = \frac{\Delta V}{\Delta h} = \frac{45 \text{ см}^3}{3,5_{\text{см}}} = 12,86 \text{ см}^2.$$

$$a_1 = \sqrt{a^2} = \sqrt{\text{ctan } \beta_1} = \sqrt{12,86 \text{ см}^2} = 3,59 \text{ см}$$

$$\text{ctan } \beta_2 = \frac{\Delta V}{\Delta h} = \frac{20 \text{ см}^3}{3,5_{\text{см}}} = 5,7 \text{ см}^2.$$

$$\text{ctan } \beta_3 = \frac{\Delta V}{\Delta h} = \frac{105 \text{ см}^3}{3_{\text{см}}} = 35 \text{ см}^2$$

$$a_3 = \sqrt{a^2} = \sqrt{\text{ctan } \beta_3} = \sqrt{35 \text{ см}^2} = 5,92 \text{ см}$$

Дальнейшее решение аналогично первому.

**Таблица 2**

Расчет погрешностей: прямых измеряемых величин

	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	$H_{\text{ср}}$	$\Delta H_{\text{случ}}$	$\Delta H_{\text{абсол}}$	$\epsilon_{\text{относит}}$
$H_1$	3,4 см	3,5 см	3,5 см	3,45 см	0,05 см	0,15 см	0,04 = 4 %
$H_2$	3,3 см	3,7 см	3,5 см	3,5 см	0,13 см	0,23 см	0,06 = 6 %
$H_3$	3,3 см	3,2 см	3,0 см	3,16 см	0,11 см	0,21 см	0,06 = 6 %

**Таблица 3**

Расчет погрешностей: косвенных расчетных величин

	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	$a_{\text{ср}}$	$\Delta a_{\text{случ}}$	$\Delta a_{\text{абсол}}$	$\epsilon_{\text{относит}}$
$a_1$	3,3 см	3,5 см	3,59 см	3,46 см	0,11 см	0,21 см	0,06 = 6 %
$a_2$	2,3 см	2,4 см	2,39 см	2,36 см	0,04 см	0,14 см	0,06 = 6 %
$a_3$	5,8 см	5,9 см	5,92 см	5,87 см	0,05 см	0,15 см	0,03 = 3 %

Выводы из решения задачи:

а) Параметры вставок:

Нижняя вставка:  $V_{\text{вст1}} = 102 \text{ см}^3$

Высота:  $H_1 = 35 \text{ мм}$

Сторона вырезанного квадрата:

$a_1 = 3,46 \text{ см}$  (реально 3 см)

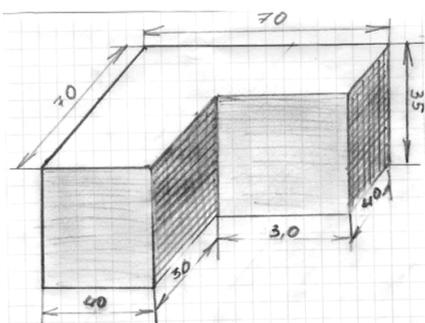


Рис. 7. Геометрический вид вставки

Средняя вставка:  $V_{\text{вст2}} = 127 \text{ см}^3$

Высота:  $H_2 = 35 \text{ мм}$

Сторона вырезанного квадрата:

$a_2 = 2,36 \text{ см}$  (реально 2 см)

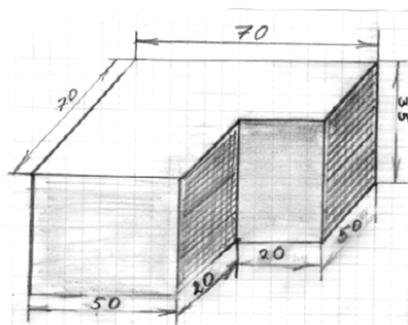


Рис. 8. Геометрический вид вставки

Верхняя вставка:  $V_{\text{вст3}} = 32 \text{ см}^3$

Высота:  $H_3 = 30 \text{ мм}$

Сторона прямоугольника:

$a_3 = 5,87 \text{ см}$  (реально 5,0 см)

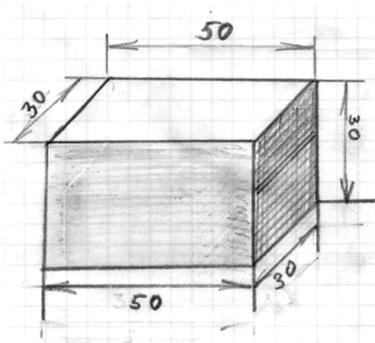


Рис. 9. Геометрический вид вставки

## Задача № 2 Черный ящик в цилиндре «Grass»

Дано:

Цилиндр с вставками. Вставки шары.

Вопросы: Сколько вставок? Каковы размеры и объёмы этих вставок? Представить рисунок вставки. Оценить точность измерений.

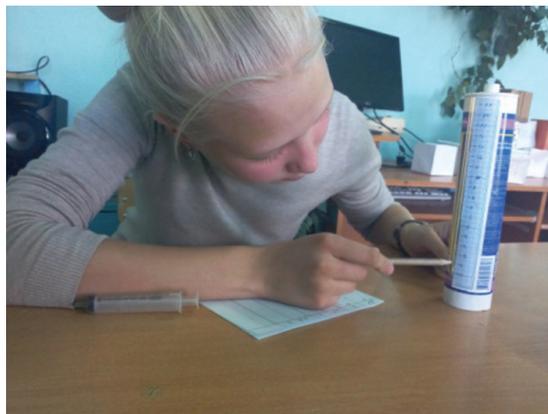


Рис. 10

Примечание: График программой Excel сильно сглажен, анализировать его сложно, для анализа воспользуемся графиками на миллиметровой бумаге.

Приложение № 2: График зависимости подъёма жидкости по капилляре от объёма вливаемой воды в сосуд «Grass» (Опыт повторила трижды. Анализирую красный график процесса, остальные рассуждения и таблицы аналогичны). На нижнем графике  $\Delta V$  – объём вливаемой воды одинаковый, высота воды в капилляре от объёма зависит линейно.

### Анализ красного графика

1. Вид верхнего графика, зависимости высоты воды в капилляре, меняется от формы тела. Вижу периодичность – цикличность (похожа на синусоиду) процесса изменения высоты воды в капилляре. Изломов в графике не наблюдается. Это говорит о том, что там действительно шары, а не прямоугольные параллелепипеды. Таким образом, в данном сосуде четыре шара касаются друг друга.

2. Так как это сообщающиеся сосуды то высота  $\max$  и  $\min$  верхней функции есть радиус и диаметр шара:

$$D_1 = 43 \text{ мм} - 1 \text{ мм} = 42 \text{ мм}$$

$$D_2 = 84 \text{ мм} - 43 \text{ мм} = 41 \text{ мм}$$

$$D_3 = 127 \text{ мм} - 84 \text{ мм} = 43 \text{ мм}$$

$$D_4 = 167 \text{ мм} - 127 \text{ мм} = 40 \text{ мм}$$

Таким образом, шары примерно равных диаметров.

Таблица 4

Рабочая таблица № 2

v(см3)	h(мм)	v(см3)	h(мм)								
0	0	28	34	58	74	88	112	118	146	148	166
2	1	30	35	60	75	90	113	120	148	150	168
4	2	32	37	62	76	92	114	122	150	152	170
6	6	34	38	64	77	94	116	124	152	154	172
8	9	36	40	66	78	96	118	126	153	156	175
10	12	38	42	68	80	98	118,5	128	154	158	179
12	19	40	45	70	82	100	120	130	156	160	179
14	22	42	49	72	84	102	122	132	158	162	180
16	24	44	53	74	86	104	123	134	159	Произведено 83 измерения. Опыт провели 3 раза	
18	26	46	59	76	91	106	126	136	160		
20	28	48	63	78	96	108	129	138	161		
22	30	50	66	80	102	110	133	140	162		
24	31,5	52	68	82	106	112	135	142	163		
26	33	54	71	84	109	114	141	144	164		
28	34	56	73	86	111	116	143	146	165		

Сосуд «Kross»

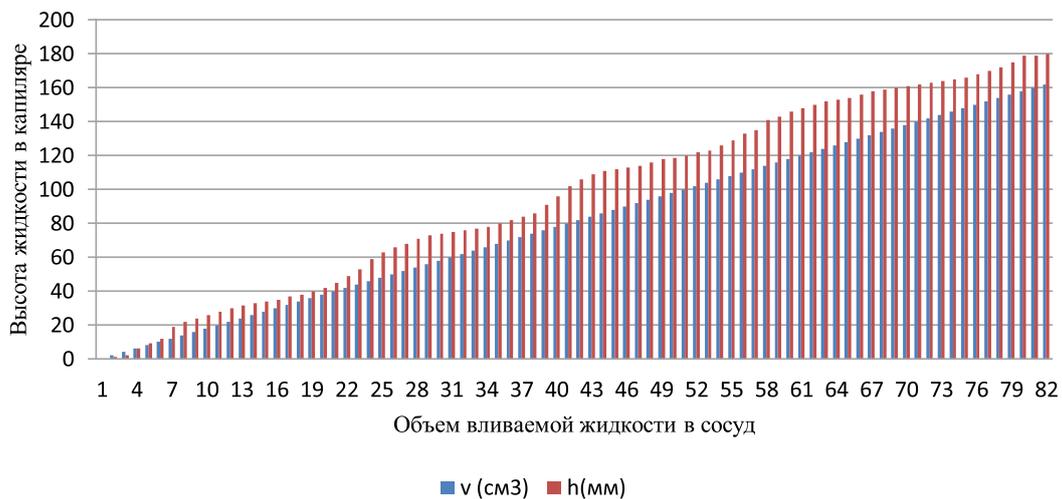


Рис. 11. Рабочий график

3. рассчитаю погрешности прямых измеряемых величин:

Таблица 5

Погрешности прямых измеряемых величин

D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>ср</sub>	ΔD <sub>случ</sub>	ΔD <sub>абсол</sub>	ε <sub>относит</sub>
42 <sub>мм</sub>	43 <sub>мм</sub>	41 <sub>мм</sub>	40 <sub>мм</sub>	41,5 <sub>мм</sub>	1,0 <sub>мм</sub>	2,0 <sub>мм</sub>	4,8%

$$D_{cp} = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + D_4}{4} = \frac{42 \text{ мм} + 43 \text{ мм} + 41 \text{ мм} + 40 \text{ мм}}{4} = 41,5_{\text{мм}}$$

$$\Delta D_{случ} = \frac{|D_1 - D_{cp}| + |D_2 - D_{cp}| + |D_3 - D_{cp}| + |D_4 - D_{cp}|}{4}$$

$$= \frac{|42 \text{ мм} - 41,5_{\text{мм}}| + |43 \text{ мм} - 41,5_{\text{мм}}| + |41 \text{ мм} - 41,5_{\text{мм}}| + |40 \text{ мм} - 41,5_{\text{мм}}|}{4} = 1,0_{\text{мм}}$$

$$\Delta D_{\text{абсол}} = \Delta D_{\text{случ}} + D_{\text{прибора}} = 1,0_{\text{мм}} + 1,0_{\text{мм}} = 2,0_{\text{мм}}$$

$$\varepsilon_{\text{относит}} = \frac{\Delta D_{\text{абсол}}}{D_{\text{ср}}} \cdot 100\% = \frac{2,0_{\text{мм}}}{41,5_{\text{мм}}} \cdot 100\% = 4,8\%$$

4. Первый способ расчета объема шара – физический:

Капилляра и цилиндр – сообщающиеся сосуды поэтому уровень воды в них одинаков.

Из графика видно, что общая высота вставленных шаров равна:  $H = 16,7$  см

Найду длину внешней окружности при помощи ленты миллиметровки:

$$C = 15,4 \text{ см}$$

$$C = \pi d$$

$$d = \frac{C}{\pi} = \frac{15,4 \text{ см}}{3,14} = 4,9 \text{ см}$$

Внутренний диаметр окружности цилиндра равняется:

$$d_{\text{внутр}} = 4,9 \text{ см} - 0,1 \text{ см} = 4,8 \text{ см}$$

$$R_{\text{внутр}} = 2,4 \text{ см}$$

Найду площадь внутренней окружности цилиндра:

$$S_{\text{внут}} = \pi R^2$$

$$S_{\text{внут}} = 3,14 \cdot 5,76 \text{ см}^2 = 18 \text{ см}^2$$

Найду внутренней объём цилиндра:

$$V_{\text{внутр}} = H \cdot S_{\text{внут}}$$

$$V_{\text{внутр}} = 16,7 \cdot 18 \text{ см}^3 = 300,6 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{шаров}}^{\text{внутр}} = V_{\text{внутр}} - V_{\text{воды}}$$

$$V_{\text{шаров}}^{\text{внутр}} = 300,6 \text{ см}^3 - 158 \text{ см}^3 = 142,6 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{шара}} = \frac{V_{\text{шаров}}^{\text{внутр}}}{4} = \frac{142,6 \text{ см}^3}{4} = 35,65 \text{ см}^3$$

5. Второй способ расчета объема шара математический:

$$V_{\text{шара}} = \frac{4\pi R^3}{3} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 2^3 \text{ см}^3}{3} = 33,5 \text{ см}^3$$

*Выводы из решения задачи:*

Параметры вставок: диаметр  $D_{\text{ср}} = 41,5_{\text{мм}}$  каждого из 4 шаров  $V_{\text{шара средн}} = 36,33 \text{ см}^3$  это соответствует действительности (определила объём шара при помощи мензурки).

### Задача № 3 Черный ящик в игрушке «Конус»

**Дано:**

Игрушка «Конус»:

1. В начале эксперимента установка пустая.

2. Во второй части эксперимента в установку вставлены куб и шар.

**Вопросы:** Каковы размеры и объёмы этих вставок?

*Примечание:* График программой Excel сильно сглажен, анализировать его сложно, для анализа воспользуемся графиками на миллиметровой бумаге.

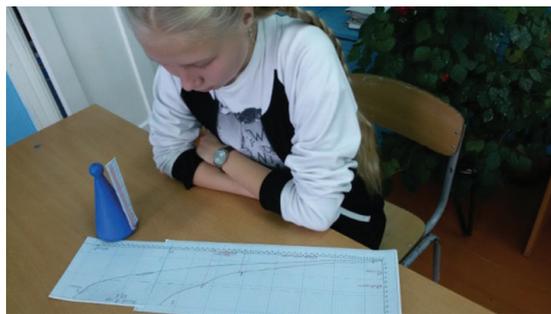


Рис. 12

**Приложение № 3:** График зависимости подъёма жидкости по капилляре от объёма вливаемой воды в сосуд игрушки «Конус» (Опыт повторила трижды. Анализирую красный график процесса, остальные рассуждения и таблицы аналогичны). На нижнем черном графике  $\Delta V$  – объём вливаемой воды одинаковый, высота воды в капилляре от объёма зависит по параболе.

*Анализ красного графика*

1. Построены два графика зависимости высоты воды в капилляре от объёма вливаемой жидкости в сосуд.

Черный график – эталон, построена зависимость, когда сосуд пустой.

Красный график – построена зависимость, когда в сосуде имеются вставки.

От 0 до 6  $\text{см}^3$  точки совпадают – значит там вставок нет.

В зоне «А» графики параллельны – значит там вставок нет.

Вставки находятся от точки а до точки в и до точки с – так как вижу изломы на графике.

2. Отрезок (ав) в графике описывает шар – так как похож на параболу. Отрезок (вс) описывает куб – так как резкий подъём.

3. Расчеты параметров шара и куба: капилляра и конус – сообщающиеся сосуды поэтому уровень воды в них одинаков.

$$D_{\text{шара}} = 4,3_{\text{см}} - 0,3_{\text{см}} = 4_{\text{см}}$$

$$H_{\text{куба}} = 7,4_{\text{см}} - 4,3_{\text{см}} = 3,1_{\text{см}}$$

$$V_{\text{шара}} = \frac{4\pi R^3}{3} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 2^3 \text{ см}^3}{3} = 33,5 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{куба}} = a^3 = 29,8 \text{ см}^3$$

**Выводы к главе:** Анализируя графики, построенные при исследовательской деятельности, можно определить размеры вставок и их количество. Вид графиков усложняются если меняется форма сосуда от простой к сложной.

### Заключение

*Практическая значимость выполненной работы*

Считаю, что с поставленной целью работы справилась успешно. Определила

геометрические размеры и формы физических тел находящегося в «черном ящике», оценила точность измерения физических величин. Данную исследовательскую работу можно провести в домашних условиях без специального лабораторного оборудования.

При помощи данного метода я научилась определять форму и параметры тел скрытых от наших глаз. Эта методика позволяет определить геометрические размеры физических тел, когда тела нельзя наблюдать визуально. Эти тела могут находиться

в трубах водопроводов, в нефтепроводах, в скважинах буровых установок. Этот метод полезно знать полиции и таможенникам, когда от их глаз прячут контрабанду в бензобаки, шины колёс, при условии, что нельзя воспользоваться рентгеном.

Физика, как наука, даёт теоретические знания и формирует практические навыки исследовательской деятельности. На протяжении всей работы имела возможность провести несколько опытов и понять много интересных фактов из раздела физики и математики.

Таблица 6

Рабочая таблица № 3

$\Delta V(\text{см}^3)$	h (см)эталон	h (см)опыт	$\Delta V(\text{см}^3)$	h (см)эталон	h (см)опыт	$\Delta V(\text{см}^3)$	h (см)эталон	h (см)опыт	$\Delta V(\text{см}^3)$	h (см)эталон	h (см)опыт	$\Delta V(\text{см}^3)$	h (см)эталон	h (см)опыт	$\Delta V(\text{см}^3)$	h (см)эталон	h (см)опыт	$\Delta V(\text{см}^3)$	h (см)эталон	h (см)опыт
0	0,2	0,2	28	0,7	1,1	58	1,45	2,3	88	2,4	3,9	118	3,45	7	148	4,82	178	6,5		
2	0,3	0,3	30	0,7	1,2	60	1,5	2,4	90	2,45	4	120	3,5	7,5	150	4,9	180	6,7		
4	0,35	0,35	32	0,75	1,25	62	1,55	2,55	92	2,5	4,1	122	3,6	7,5	152	4,95	182	6,85		
6	0,35	0,45	34	0,8	1,3	64	1,6	2,65	94	2,6	4,25	124	3,65	8	154	5	184	7,05		
8	0,35	0,5	36	0,85	1,4	66	1,7	2,7	96	2,65	4,3	126	3,7	8,1	156	5,15	186	7,2		
10	0,35	0,6	38	0,9	1,5	68	1,8	2,8	98	2,7	4,3	128	3,8	8,3	158	5,25	188	7,35		
12	0,35	0,65	40	1	1,6	70	1,85	3	100	2,8	4,5	130	3,9	8,4	160	5,4	190	7,55		
14	0,35	0,7	42	1,05	1,65	72	1,9	3,1	102	2,85	4,65	132	4	8,8	162	5,5	192	7,7		
16	0,4	0,75	44	1,1	1,7	74	1,95	3,2	104	2,9	4,8	134	4,1	9,4	164	5,6	194	7,95		
18	0,45	0,85	46	1,1	1,8	76	2	3,35	106	3	5	136	4,2	9,7	166	5,75	196	8,25		
20	0,45	0,9	48	1,2	1,9	78	2,1	3,42	108	3,05	5,25	138	4,3	10,3	168	5,9	198	8,45		
22	0,5	0,95	50	1,25	1,95	80	2,15	3,6	110	3,1	5,5	140	4,4	10,5	170	6	200	8,7		
24	0,6	1	52	1,3	2	82	2,2	3,65	112	3,2	5,75	142	4,45	10,9	172	6,15	202	9		
26	0,65	1,05	54	1,35	2,1	84	2,25	3,75	114	3,3	6,05	144	4,5	12	174	6,28	204	9,3		
28	0,7	1,1	56	1,4	2,2	86	2,35	3,85	116	3,4	6,5	146	4,65	12,8	176	6,4	206	9,7		

Игрушка «Конус»

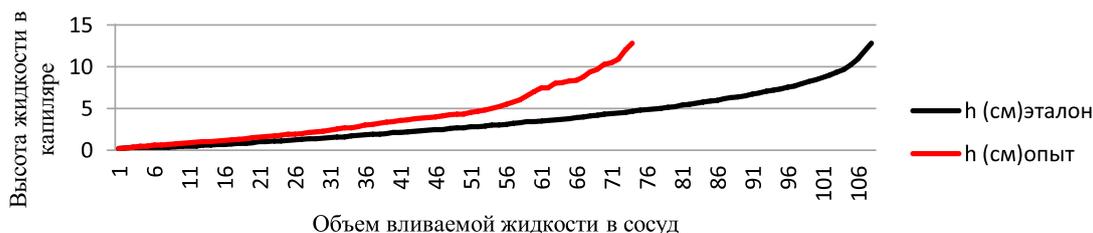


Рис. 13. Рабочий график

Работа меня заинтересовала настолько, что я бы хотела продолжить изучение экспериментальной части физики в дальнейшем, и продолжать экспериментировать дома при подготовке к олимпиадам по физике и к итоговой аттестации.

*«Опыт же не только учит: он увлекает, заставляет лучше понимать то явление, которое он демонстрирует. Ведь известно, что человек, заинтересованный в конечном результате, обязательно добивается успеха. Чем более простыми средствами будет ставиться экспе-*

*римент, тем он ценнее».* П.Л. Капица, академик [4].

#### Список литературы

1. Касьянов В.А. Тетрадь для лабораторных работ по физике, 10 класс. – Дрофа, 2004.
2. Никитин А.А. Геометрия 8-9 классы НГУ. – Новосибирск, 2000.
3. Перышкин А.В. Физика 7-9. – Дрофа, 2014.
4. Савченко О.Я. Физика в задачах НГУ СУНЦ НГУ. – Новосибирск, 2013.
5. Федотович Г.В. Экспериментальные работы по физике Социализированный учебно-научный центр НГУ. – Новосибирск, 2014.
6. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Чёрный\\_ящик](https://ru.wikipedia.org/wiki/Чёрный_ящик).