

Краевая научно-практическая конференция  
учебно-исследовательских работ учащихся 6-11 классов  
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики»

Прикладные вопросы математики

**Испарение**

Блинова Екатерина Сергеевна,  
11 кл., МБОУ «Лицей №1», г. Пермь,  
Любимова Нина Юрьевна,  
старший преподаватель ПНИПУ.

Пермь. 2016.

# Содержание

---

<i>Введение.....</i>	<i>3стр.</i>
<i>Теоретическая часть</i>	
<i>Обзор источников.....</i>	<i>4-10стр.</i>
<i>Экспериментальная часть</i>	
<i>Приборы.....</i>	<i>11стр.</i>
<i>Порядок измерений.....</i>	<i>12-13стр.</i>
<i>Анализ полученных результатов.....</i>	<i>14-18стр.</i>
<i>Заключение.....</i>	<i>19стр.</i>
<i>Список литературы.....</i>	<i>20 стр.</i>

# Введение

---

*Многие технические процессы сопровождаются такими процессами как испарение. Испарение- это процесс перехода вещества из жидкого состояния в газовое, с открытой поверхности , при любой температуре . Всем известно что если подышать на стеклышко ,то появится туманное пятнышко.*

*Цель работы узнать зависимость времени от изменения диаметра пятнышка при разных условиях:*

*-выдох через трубочку диаметром 0,7 см. и длиной 24 см.*

*-выдох через трубочку диаметром 0,7 см. и длиной 12 см.*

*-выдох через трубочку диаметром 0.7 см. и длиной 6 см.*

*-выдох через трубочку диаметром 0.4 см. и длиной 14 см.*

*-выдох через трубочку диаметром 0.4 см. и длиной 7 см.*

# Теоретическая часть

---

## **Обзор источников**

### **Взаимные превращения жидкостей и газов**

*Молекулярно-кинетическая теория позволяет не только понять, почему вещество может находиться в газообразном состоянии, жидком и твердом состояниях, но и объяснить процесс перехода вещества из одного состояния в другое*

### **Испарение жидкостей**

*При любой температуре молекулы жидкости частично покидают ее поверхность. Происходит испарение жидкости.*

### **Испарение**

*Повседневные наблюдения показывают, что количество воды, спирта, эфира, бензина, керосина и любой другой жидкости, содержащийся в открытом сосуде, постепенно уменьшается, а с течением времени жидкость вовсе может исчезнуть. В действительности жидкости бесследно не исчезают, т.е. они превращаются в пар.*

*Те же наблюдения позволяют установить, что испарение происходит с поверхности жидкости при любой температуре. Скорость испарения тем больше, чем больше площадь свободной поверхности жидкости, выше ее температура и чем быстрее удаляются образовавшиеся над жидкостью пары. Скорость испарения различных жидкостей различна.*

### **Молекулярная картина испарения**

*Молекулы жидкости участвуют в хаотическом движении. При этом чем выше температура жидкости, тем интенсивней движутся молекулы, тем больше их кинетическая энергия. Но средняя кинетическая энергия молекул имеет при заданной температуре определенное значение. У каждой молекулы энергия в данный момент может оказаться как меньше, так и больше средней.*

*Кинетическая энергия некоторых молекул в какой-то момент может стать столь большой, что они окажутся способными вылететь из жидкости,*

преодолев силы притяжения остальных молекул. В этом и состоит процесс испарения.

Молекулярно-кинетическая теория позволяет объяснить условия, ускоряющие процесс испарения. Чем больше площадь свободной поверхности жидкости, тем больше число вылетающих молекул, тем быстрее происходит испарение.

Чем выше температура жидкости, тем большее число молекул обладает достаточной для вылета из жидкости кинетической энергией. (1)

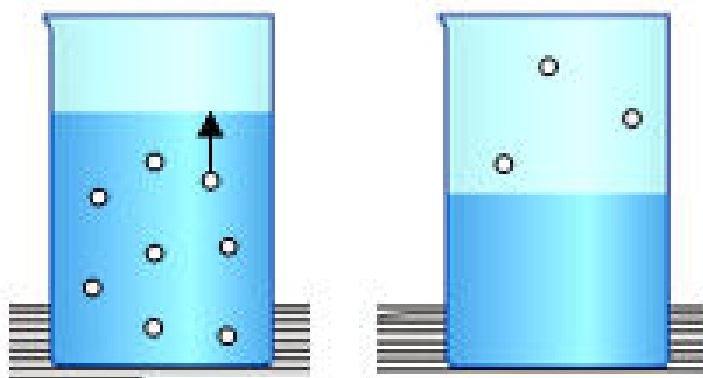


Рис. 1 ¶

### **Определение объем одной капли.**

Капля это небольшое количество жидкости, принимающую форму тела вращения, что вызвано силами поверхностного натяжения. Капли получаются:

1. при вытекании жидкости из малого отверстия или на краю сосуда.
2. при распылении жидкости.
3. при конденсации пара.

В природе капли образуются во время дождя, при падении струи воды в водопаде или фонтане, туманы и облака, в виде росы при конденсации водяного пара на поверхностях. Форма капли и ее объем зависит от поверхностного натяжения и действующих на нее сил. Например, в земных условиях это сила тяжести. В условиях невесомости капля будет принимать форму шара. Если капля движется с большой скоростью (например, падает с большой высоты), то капля принимает вытянутую форму, что обеспечивает наименьшее аэродинамическое сопротивление. Определение объема капли может иметь важное значение.

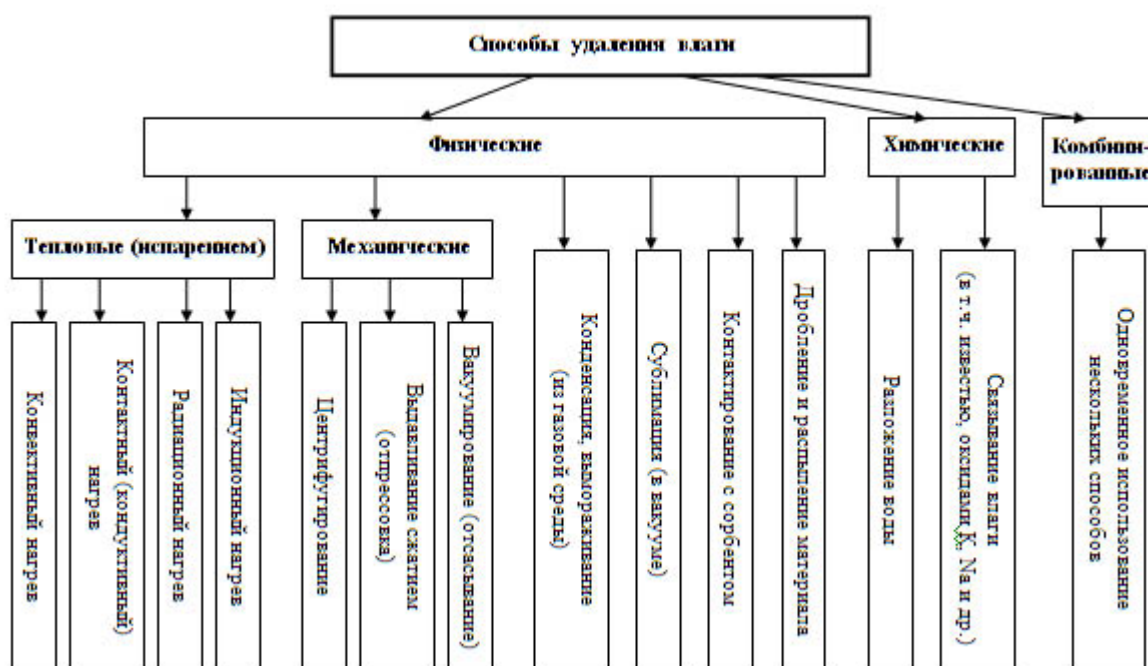
Капля имеет маленькие размеры и объем, поэтому просто измерить эти значения не получится. Можно сфотографировать летящую каплю воды, приложить масштабную линейку и определить диаметр капли, а затем вычислить объем капли по формуле  $V=4/3 * \pi R^3$  (2)

## Основные сведения из теории сушки

Сушкой называется процесс удаления жидких веществ, преимущественно влаги, из различных материалов, твёрдых, жидких или газообразных

Сушка материалов – это процесс, сопровождающийся тепло- и массообменом между сушильным агентом (горячим и сухим воздухом, газообразными продуктами горения и др.) и влагой высушиваемого материала.

Способы сушки чрезвычайно разнообразны. В их основу положены различные явления. Выявлением закономерностей протекания этих явлений и процессов занимается теория сушки, в основу которой положены законы тепло- и массообмена, являющиеся частью термодинамики.



Основные задачи, решаемые теорией сушки, заключаются в выявлении общих закономерностей удаления влаги, особенностей различных способов сушки и негативных последствий, сопровождающих сушку, и выработке мер по снижению их влияния, установлению различных зависимостей, в т.ч. среднего

*влажесодержания, средней температуры тела в произвольный момент времени и др.*

*Знание выявленных закономерностей и особенностей сушки позволяет успешно решать практические вопросы сушки, связанные с повышением её эффективности. В частности, осуществлять выбор оптимальных способов сушки, снижающих выход брака, сокращающих продолжительность сушки, минимизирующих количество тепла, расходуемого на сушку, без снижения интенсивности процесса и увеличения затрат на его проведение.*

*С целью исключения большого круга вопросов, несомненно, важных для понимания сути теории сушки, но не являющихся непосредственным предметом настоящего исследования, в дальнейшем будем рассматривать только конвективный способ сушки, который нашёл наибольшее распространение при сушке брикетированных материалов – железорудных, флюсовых и углеродистых, а также их смесей. По тем же причинам не рассматриваем также сушку паром и сушку при пониженном атмосферном давлении, а также те её способы, которые существенно усложняют и удорожают процесс брикетирования.*

*Поскольку конвективная сушка теоретически хорошо изучена, кратко остановимся на основных положениях, сущности сушки и процессах, происходящих в материале во время естественной и интенсивной сушки.*

*Помимо общеизвестных терминов, таких, как температура, теплота, теплоёмкость и др., рассматриваемых физическими науками, теория сушки брикетов оперирует рядом специальных терминов. Дадим их определения с учётом особенностей сушки брикетированных металлургических материалов.*

*Материал в процессе сушки характеризуется следующим состоянием*



Под влажностью брикетов понимают содержание в них воды, как свободной, так и абсорбированной поверхностью и порами частиц материала, из которого состоят брикеты, рассчитанной в процентах к исходной массе брикетов.

Влажность брикетов называют абсолютной, если она рассчитана от сухой массы, и относительной – если в качестве базы принята масса влажных брикетов [20].

Влагосодержание – это общее количество воды, находящейся как в свободном и абсорбированном состоянии, так и в связанном, в виде гидратов и кристаллогидратов, рассчитанной в процентах к начальной массе брикетов.

Необходимость такого разделения влаги вытекает из того, что она в брикетах присутствует в трёх формах связи с материалом: в свободной, не связанной форме (в неопределённых соотношениях), в физико-химической связи (в различных, не строго определённых соотношениях) в адсорбированном поверхностью частиц и в ассоциированном виде в растворах солей и оснований, а также в химически связанном, кристаллогидратном виде (в точных соотношениях).



*Влажность брикетов в процессе изготовления непрерывно изменяется, находясь под влиянием окружающей среды. В этом процессе взаимодействия преобладают процессы удаления влаги. Дадим определения влажности брикетов на основных этапах удаления влаги.*

*Начальная влажность – это влажность брикетов непосредственно после его извлечения из пресса.*

*Исходная влажность – это влажность брикетов перед сушкой. Если брикеты не подвергаются вылёживанию и сразу подаются на сушку, то исходная влажность равна начальной влажности.*

*Текущая влажность – это влажность брикетов в определённый, фиксированный момент времени сушки.*

*Остаточная влажность – это влажность брикетов непосредственно после окончания сушки.*

*Конечная влажность – это влажность брикетов после окончания сушки и последующего вылёживания в целях охлаждения или пролёживания, например, на складе в ожидании отгрузки. Необходимость использования данного термина вытекает из того, что брикеты обладают высокоразвитой пористостью, активно поглощающей влагу из окружающей среды. Количество поглощённой и удерживаемой влаги зависит не только от формы и площади поверхности пор, но и от температуры и влажности среды и может составлять 0,5-3,4 % и более.*

*Если брикеты подвергают высокотемпературной сушке, то их остаточная влажность равна нулю. При длительном хранении таких брикетов происходит поглощение влаги из окружающей среды, и брикеты приобретают некоторую конечную влажность. В случае, когда нагретые брикеты после выхода из сушильной печи выходят с некоторой остаточной влажностью, что делается с целью повышения экономичности процесса сушки и более быстрого их остывания, они досушиваются на складе до некоторой конечной влажности.*

*Температурные границы и интервалы сушки выбирают из следующих особенностей поведения влаги, растворённых в ней веществ и материала при его сушке.*

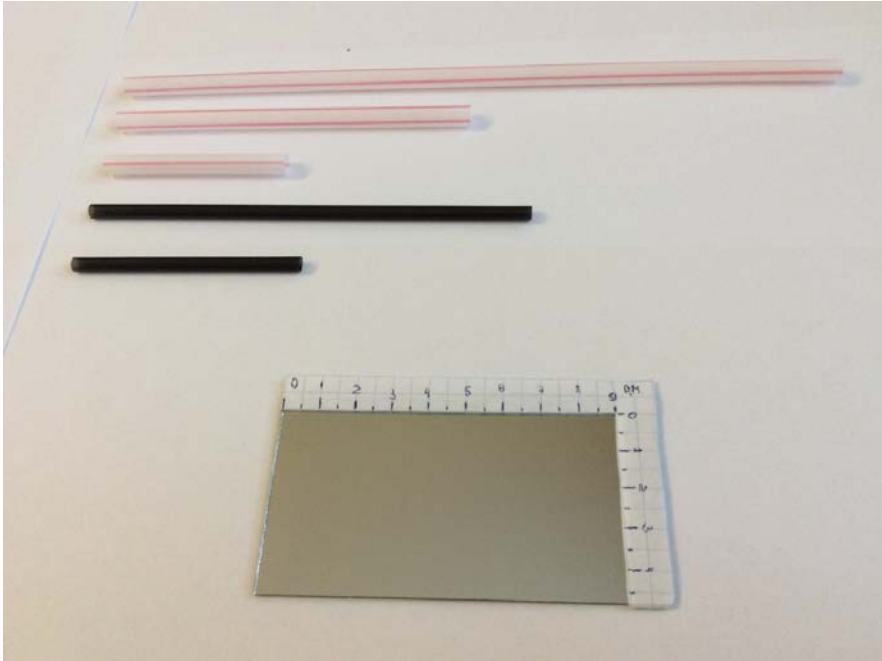
*По активности процессов, происходящих при сушке брикетов, величине температуры и длительности проведения её подразделяют на естественную, низкотемпературную и искусственную, или интенсивную, связанную со специально организованным подводом тепла.*

*Процесс сушки основан на удалении влаги путём её испарения, как со свободной поверхности, так и по всему объёму жидкости внутри образующихся при кипении пузырьков пара. Испарение объясняется вылетом из поверхностного слоя жидкости молекул с наибольшей кинетической энергией, превышающей силы межмолекулярного притяжения. При этом внутренняя энергия жидкости уменьшается, что приводит к охлаждению и снижению испарения. Несмотря на то, что испарение происходит при любой температуре, для увеличения скорости испарения требуется постоянный подвод тепла.(3)*

# Экспериментальная часть

---

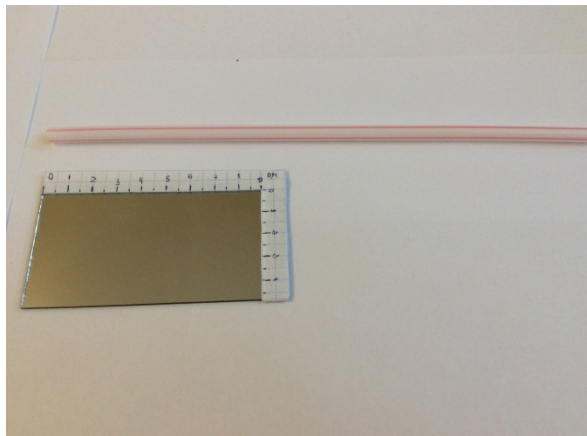
## Приборы :



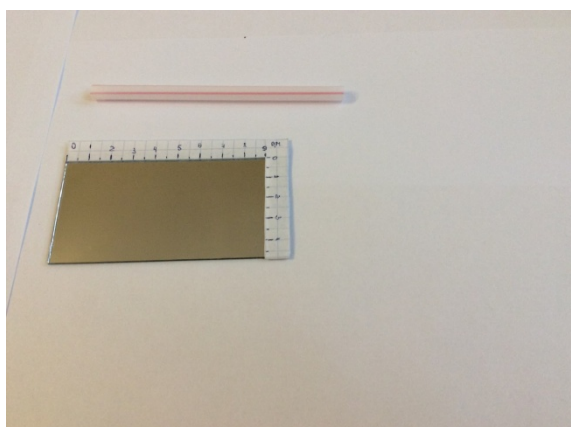
- Линейка (цена деления 0,5 см)
- Трубочка диаметром 0,7 см. и длиной 12 см.
- Трубочка диаметром 0.7 см. и длиной 6 см.
- Трубочка диаметром 0.4 см. и длиной 14 см.
- трубочка диаметром 0.4 см. и длиной 7 см.

## Порядок измерений:

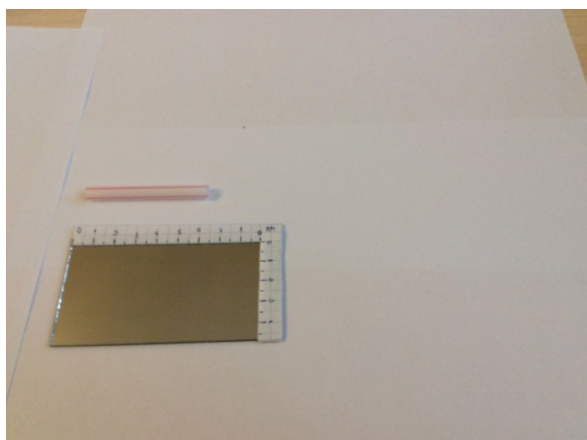
*-выдох через трубочку диаметром 0,7 см. и длиной 24 см.*



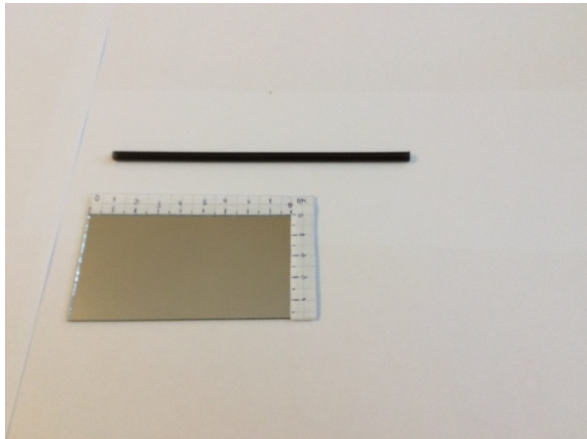
*-выдох через трубочку диаметром 0,7 см. и длиной 12 см.*



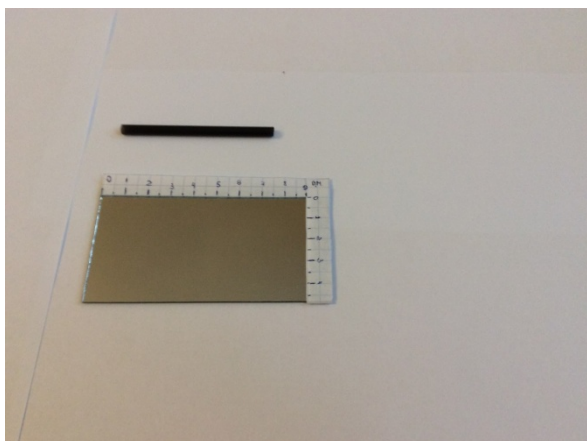
*-выдох через трубочку диаметром 0.7 см. и длиной 6 см.*



*-выдох через трубочку диаметром 0.4 см. и длиной 14 см.*



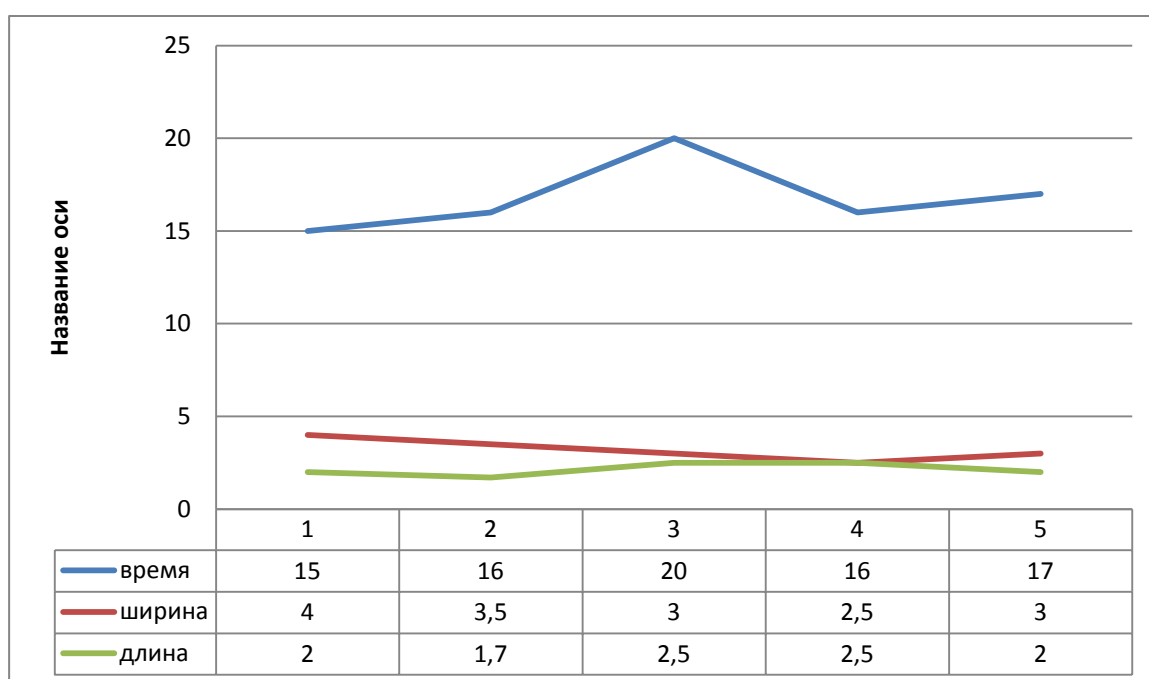
*-выдох через трубочку диаметром 0.4 см. и длиной 7 см.*



# Анализ полученных результатов

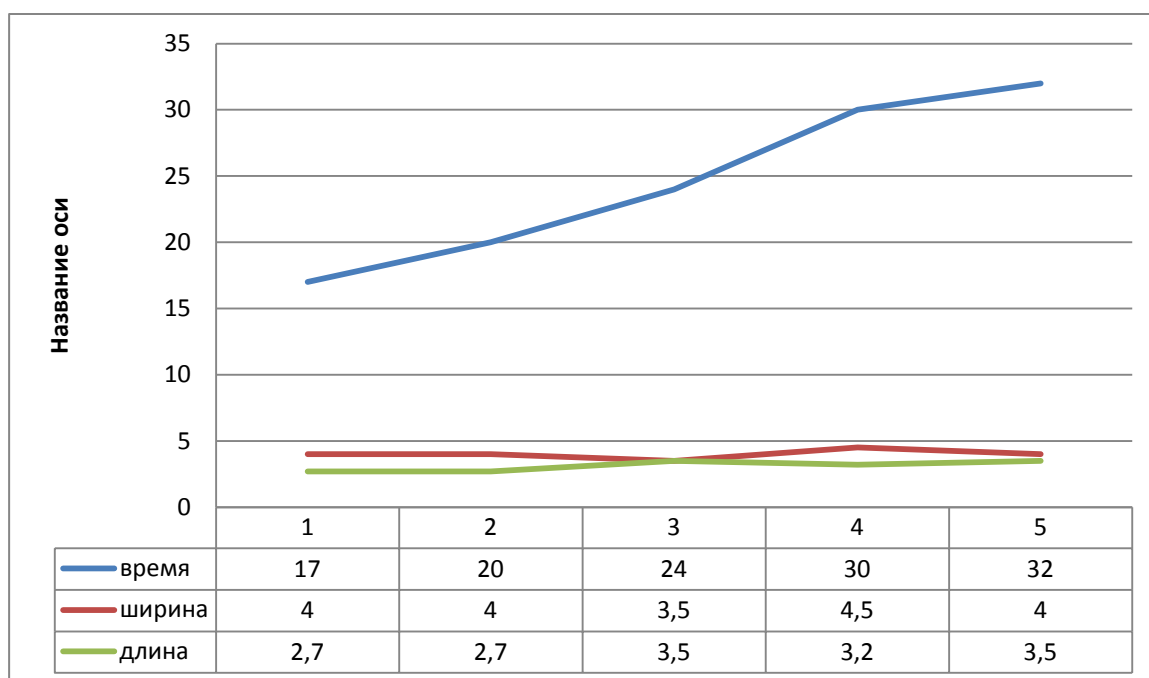
Трубочка диаметром 0,7 см. и длиной 24 см.

№ измерения	t(сек)	Мах . ширина(см)	Мах.длина(см)
1	15	4	2
2	16	3,5	1,7
3	20	3	2,5
4	16	2,5	2,5
5	17	3	2
среднее	16,8	3,2	2,1



Трубочка диаметром 0.7 см. и длиной 12 см.

№ измерения	t(сек)	Мах . ширина(см)	Мах.длина(см)
1	17	4	2.7
2	20	4	2,7
3	24	3,5	3,5
4	30	4,5	3,2
5	32	4	3,5
среднее	24,6	4	3,1



*Трубочка диаметром 0.7 см. и длиной 6 см.*

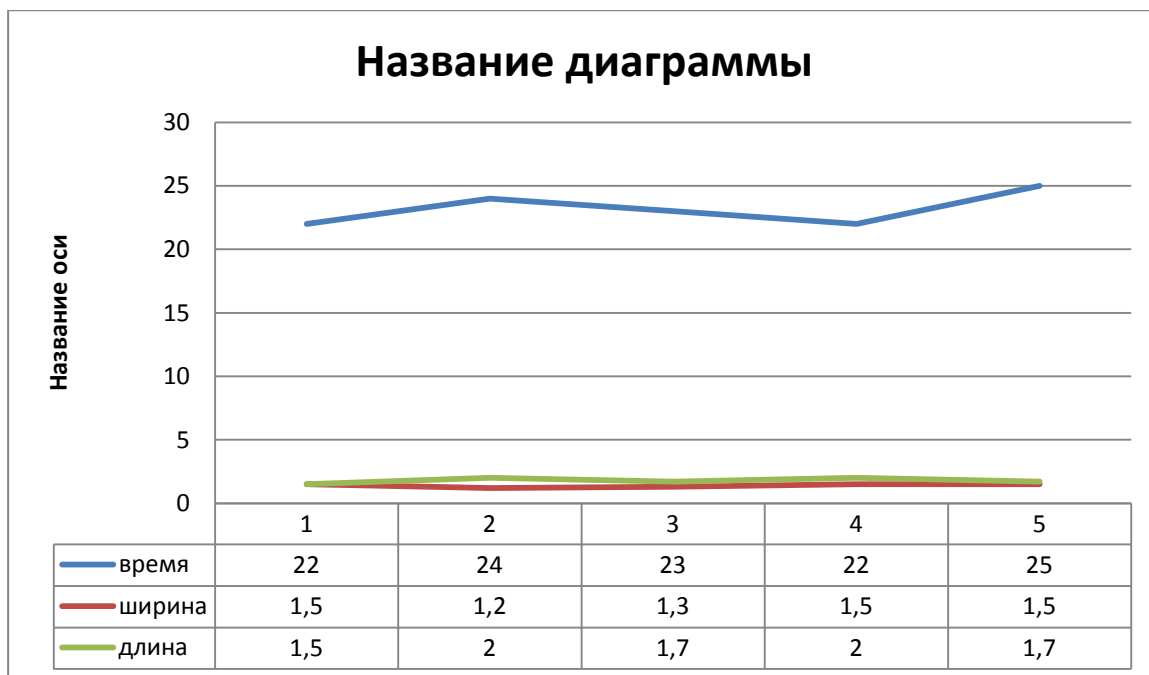
№ измерения	t(сек)	Мах . ширина(см)	Мах.длина(см)
1	33	3,5	4
2	28	2,5	4,5
3	29	2,5	3,5
4	30	3	4
5	31	2,5	4,5
среднее	30,2	2,8	4.1





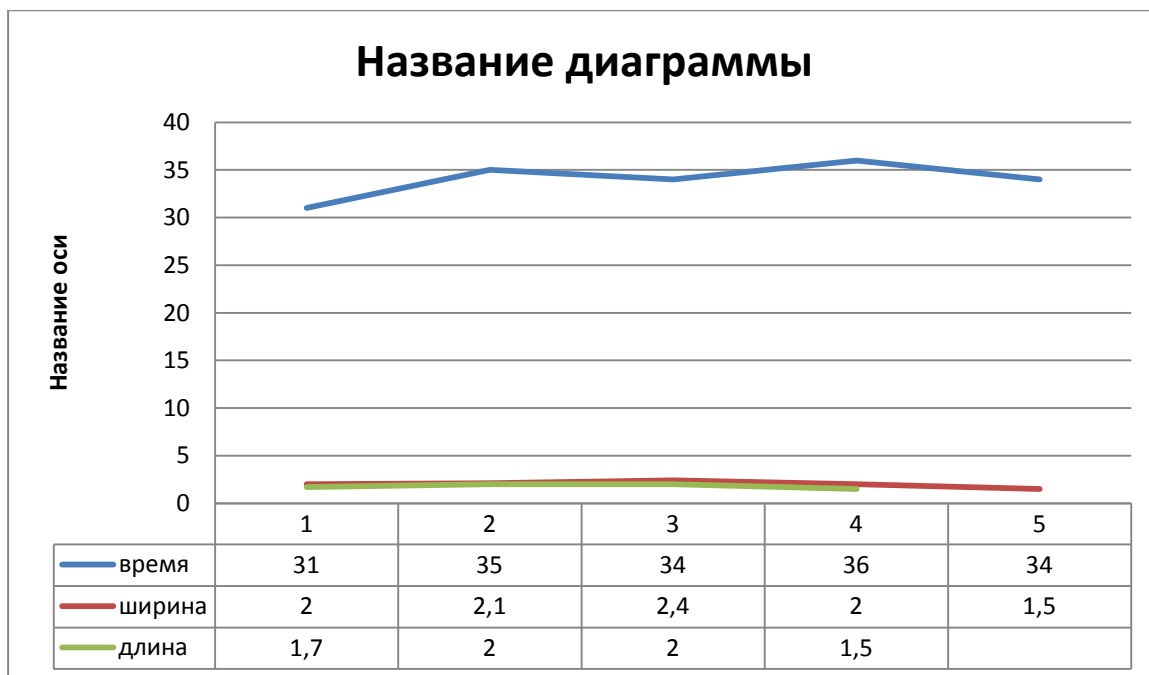
*трубочка диаметром 0.4 см. и длиной 14 см.*

№ измерения	t(сек)	Мах . ширина(см)	Мах.длина(см)
1	22	1,5	1,5
2	24	1,2	2
3	23	1,3	1,7
4	22	1,5	2
5	25	1,5	1,5
среднее	23,2	1,4	1,7



*трубочку диаметром 0.4 см. и длиной 7 см.*

№ измерения	t(сек)	Мах . ширина(см)	Мах.длина(см)
1	31	2	1,7
2	35	2,1	2
3	34	2,4	2
4	34	2	1,5
5	36	1,5	1,4
среднее	34	1,4	1,7



## Заключение

Таким образом с поставленной целью были проведены опыты :

- выдох через трубочку диаметром 0,7 см. и длиной 24 см.
- выдох через трубочку диаметром 0,7 см. и длиной 12 см.
- выдох через трубочку диаметром 0.7 см. и длиной 6 см.
- выдох через трубочку диаметром 0.4 см. и длиной 14 см.
- выдох через трубочку диаметром 0.4 см. и длиной 7 см.

По результатам, которых видно изменение времени испарения зависит от диаметра трубочки и длины. Можно сделать вывод, чем короче трубочка, тем дольше происходит процесс испарения и чем больше диаметр трубочки, тем больше молекул попадают на стеклышко из-за чего испарение идет дольше.

## Список литературы

---

(1) Г.Я.Мякишев, А.З. Сияков ; Физика. Молекулярная физика, термодинамика; 10 класс

(2) 03\_Opredelenie\_massy\_kapli.pdf (09.10.2016)

(3) <http://steel-education.org/content/razdel-262-osnovnye-svedeniya-iz-teorii-sushki> (09.10.2016)