

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
Академический лицей г. Томска

Конкурс для учащихся начальных классов  
«КАЛЕЙДОСКОП ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ»

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ

ТЕМА ПРОЕКТА:

Изучение принципа работы жидкостного термометра

Проект выполнила: Конева Елизавета Антоновна, ученица 4 класса  
Руководители проекта: Филатова Надежда Олеговна, к.п.н., учитель физики  
МАОУ Сибирский лицей г. Томска;  
Уртамова Елена Николаевна, учитель высшей квалификационной категории,  
учитель начальных классов МБОУ Академический лицей г. Томска

Томская область, г. Томск  
2019 год

## Оглавление

Введение.....	3
История изобретения термометра.....	4
Виды термометров.....	7
Устройство и принцип работы жидкостного термометра.....	10
Исследование свойства изменения объема разных жидкостей при изменении температуры.....	11
Градуирование шкалы термометра.....	12
Заключение. Преимущества и недостатки жидкостных термометров.....	14
Список литературы.....	14

## Введение

У всех дома есть аптечка, в которой всегда находится такой прибор, как термометр. Казалось бы, что может быть проще этого всем нам хорошо знакомого устройства? Но на самом деле это устройство имеет очень долгий путь к тому, что мы используем сейчас.

**Объект исследования:** жидкости (спирт, масло, вода)

**Предмет исследования:** использование жидкостей в термометрах.

**Цель исследования:** исследование свойства изменения объема разных жидкостей при изменении температуры и изучение применения этого свойства в жидкостных термометрах.

**Задачи:**

1. Изучить виды термометров;
2. Рассмотреть устройство жидкостного термометра;
3. Определить принцип работы жидкостного термометра;
4. Экспериментально проверить принцип работы жидкостного термометра с использованием разных жидкостей;
5. Сконструировать рабочую модель жидкостного термометра;
6. Выявить преимущества и недостатки жидкостных термометров.

**Гипотеза:** чем выше температура жидкости, тем сильнее она расширяется.

**Методы исследования:**

1. Анализ литературы;
2. Наблюдение;
3. Моделирование;
4. Сравнение.

**План исследования:**

1. Познакомиться с информационными источниками по вопросам: термометры (история изобретения, принцип работы и устройство, виды термометров)
2. Провести исследование свойства изменения объема разных жидкостей при изменении температуры
3. Сконструировать модель жидкостного термометра

## История изобретения термометра

Термометр, так глубоко вошедший в наш быт, имеет свою очень занимательную историю.

Считают, что изобретателем первого термометра-термоскопа был знаменитый итальянский учёный Галилео Галилей (1597 г.). Термоскоп – от греческих слов: «термо» – тепло «скопео» – смотрю. Термоскоп Галилея представлял собой стеклянный шарик с припаянной к нему стеклянной трубкой. При помощи термоскопа можно было судить только об изменении степени нагретости тел: числовых значений температуры он не показывал, поскольку не имел шкалы (рис. 1.1).

Однако фактическим изобретателем термометра считают голландца Ван-Дреббеля (1572—1632). Его заслуга в том, что он использовал для своего прибора способность газов значительно изменять свой, объем при относительно малых колебаниях температуры. Он взял довольно большой сосуд, до половины наполненный водой, и стеклянную трубочку с шарообразным расширением на одном ее конце. Её закупоренный конец был опущен под воду и там открыт. В результате вода осталась только в части трубки. При нагревании шара, вследствие расширения находившегося в нем воздуха, наблюдалось понижение уровня воды в трубке, и наоборот.

В дальнейшем Ван-Дреббель упростил свой термометр, причем введение воды в коленчатую трубку производилось путем сильного нагревания шара и последующего его охлаждения (рис. 1.2).

Вскоре ввиду относительно высокой температуры замерзания вода была заменена смесью из трех частей воды и одной части азотной кислоты. Для окрашивания сюда добавляли немного медного купороса. Хотя такие термометры были весьма чувствительны, однако они, в сущности, являлись «баротермоскопами», т. е. приборами, показания которых зависели от изменений атмосферного давления.

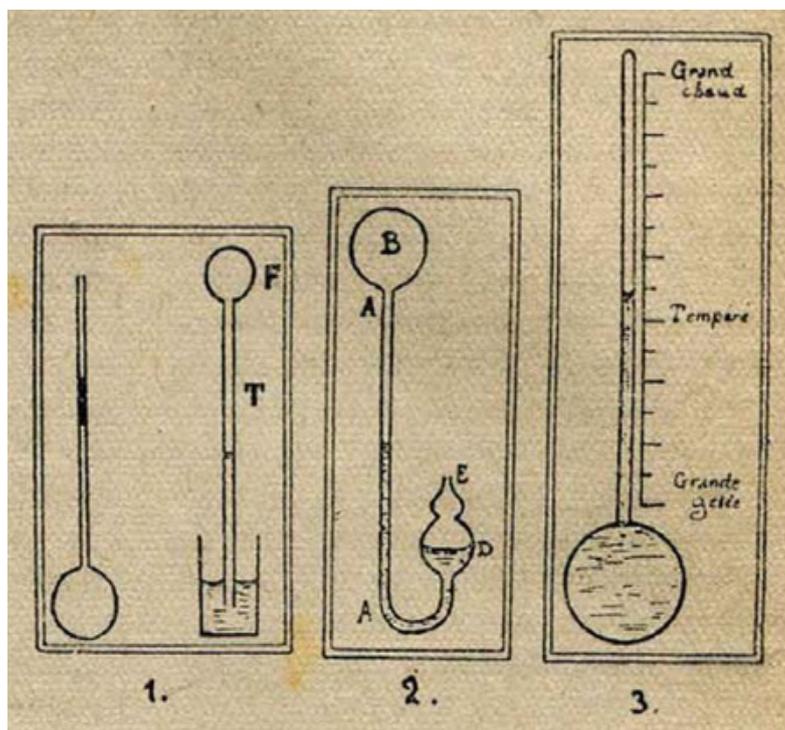


Рисунок 1. 1. Слева. Воздушный термометр Галилея. Справа. Термометр Ван-Деббеля. 2. Усовершенствованный термометр Ван-Деббеля. 3. Термометр флорентийских академиков.

Появление первого медицинского термометра связано с знаменитым итальянским врачом Санторио. Санторио из Падуанского университета создал устройство, при помощи которого можно было измерять температуру человеческого тела, но прибор являлся столь громоздким, что его устанавливали во дворе дома. Изобретение Санторио имело форму шара и продолговатую извилистую трубку, на которой были нарисованы деления, свободный конец трубки заполняли подкрашенной жидкостью. Его изобретение датировано 1626 годом.

В 1657 году флорентийские учёные усовершенствовали термоскоп Галилео, в частности снабдив прибор шкалой из бусин (рис. 1.3).

Позже учёные пытались усовершенствовать прибор, но все термометры были воздушные, и их показания зависели не только от изменения температуры тела, но и от атмосферного давления.

Первые термометры с жидкостью были описаны в 1667 году, но они лопались, если вода замерзала, поэтому для их создания начали использовать винный спирт. Изобретение термометра, данные которого не обуславливались бы перепадами атмосферного давления, произошло благодаря экспериментам физика Эванджелиста Торричелли, ученика Галилея. В результате термометр наполнили ртутью, перевернули, добавили в шар подкрашенный спирт и запаляли верхний конец трубки.

Современную форму (запаяв трубку и перевернув её шариком вниз) термометру придал Габриель Даниель Фаренгейт, голландский физик, выдувальщик стекла, в 1714 году. В качестве термометрической жидкости он

использовал винный спирт.

В процессе усовершенствования термометров появились и температурные шкалы. Первую шкалу разметил Фаренгейт. Ноль был поставлен против верхушки столба спирта при погружении резервуара в замораживающую смесь определенных количеств льда, воды и морской соли. Температура тающего льда по шкале Фаренгейта  $32^{\circ}$ . Кроме того, имеется еще третья постоянная точка, соответствующая нормальной температуре здорового человека, измеряемой во рту или подмышкой. В дальнейшем Фаренгейт внес в свой термометр два существенных улучшения: третьей точкой он установил температуру кипящей воды ( $212^{\circ}$ ) и заменил спирт ртутью. Шкала Фаренгейта и теперь применяется в Англии и США.

Французский физик Рене Антуан Реомюр изготовил в 1730 г. термометры с жидкостью, состоявшей из такой смеси воды со спиртом, что объем ее увеличивался в отношении 80/1000 при изменении температуры от нуля (тающий лед) до  $80^{\circ}$  (кипящая вода). Промежуток между этими отметками был разделен на 80 равных частей. Термометры Реомюра быстро распространились во Франции и Италии, однако качество их было хуже, чем ртутных.

Последнее усовершенствование обозначений шкалы свел шведский ученый Андерс Цельсий в 1742 году, предложивший деление всей шкалы на 100 градусов и указавший «а необходимость только двух постоянных точек — таяния льда и кипения воды. Эта конструкция термометров принята повсеместно и до сих пор применяется в науке и технике, а также и в повседневной жизни.

В 1848 году английский физик Вильям Томсон (лорд Кельвин) доказал возможность создания абсолютной шкалы температур, где точкой отсчёта служит значение абсолютного нуля:  $-273,15^{\circ}\text{C}$  — при этой температуре уже невозможно дальнейшее охлаждение тел.

Уже в середине XVIII века термометры стали предметом торговли, и изготавливались они ремесленниками, но в медицину термометры пришли гораздо позже, в середине XIX века.

Вывод. История о том, как научились измерять температуру, интересна и необычна и насчитывает всего чуть больше четырех веков. Сначала появились приборы, позволяющие только демонстрировать степень нагретости тела (16 в.). Уже гораздо позже появились термометры со шкалой (17 в.). Термометры были разных размеров и форм, в них использовались разные жидкости. Были термометры, сплюснутые настолько причудливо, что они напоминали, по выражению современника, «даму, играющую в трик-трак».

У нас в доме есть одна из разновидностей термометра, который был изобретен в середине XVII в. Сейчас он используется в декоративных целях и называется «Термометр Галилея». Тогда он назывался «Картезианским водолазом» и состоял из продолговатого хрустального сосуда длиной 10—12 см и диаметром около 5 см. Этот сосуд герметически закрыт, и только в верхней его части имеется небольшое количество воздуха. Остальное пространство

заполнено разбавленным спиртом, в котором плавают 10—12 маленьких шариков разного веса, имеющих форму слезы и изготовленных из тонкого дутого стекла и наполненных воздухом. При достаточном понижении температуры эти шарики всплывают на поверхность жидкости, а при повышении температуры окружающего пространства снова погружаются в жидкость на разную глубину. При очень высокой температуре все шарики опускаются на дно хрустального сосуда.

Делансэ по поводу такого термометра отметил: «Благодаря ему стало возможным обнаруживать усиление и ослабление лихорадки». Для этой цели были изготовлены специальные термометры аналогичного типа, имевшие форму маленькой черепахи, чтобы их было удобно вкладывать подмышку.

А вот наш термометр Галилея (рис. 2)

### Виды термометров

Существуют разные виды термометров.

По конструктивным особенностям выделяют следующие виды термометров:

**1. Жидкостный термометр** - это, тот самый стеклянный термометр, который можно увидеть практически повсеместно. Жидкостные термометры могут быть как бытовыми, так и техническими (например, термометр ттж - термометр технический жидкостный). Жидкостный термометр работает по самой простой схеме - при изменении температуры, объем жидкости внутри термометра изменяется и при увеличении температуры – жидкость расширяется и ползет вверх, а при уменьшении - наоборот. Обычно в жидкостных термометрах применяется либо спирт, либо ртуть.

**2. Манометрический термометр** действует по принципу изменения давления газа, пара или жидкости в замкнутом объеме при изменении температуры. Манометрический термометр состоит из собственно манометра, термобаллона и гибкого капилляра. Манометрические термометры, в зависимости от заполняющего вещества, делятся на газовые, жидкостные и парожидкостные. Манометрические термометры способны измерять температуру в диапазоне от  $-60$  до  $+600^{\circ}\text{C}$ , поэтому они могут применяться во взрывоопасных помещениях.

В рабочем состоянии, термобаллон манометрического термометра помещается в измеряемую среду. Нагреваясь, внутри замкнутого объема термобаллона увеличивается давление, которое и измеряется манометром. Шкала манометра проградуирована в единицах температуры (градусы Цельсия). Манометрические термометры могут применяться во взрывоопасных помещениях.

**3. Термометр сопротивления** работает благодаря свойству тел изменять электрическое сопротивление при изменении температуры. Причем, в



Рисунок 2.  
Термометр  
Галилея

металлических термометрах сопротивление при увеличении температуры возрастает практически линейно. В полупроводниковых термометрах сопротивление наоборот, уменьшается.

Металлические термометры сопротивления изготавливаются из помещенной в электроизоляционный корпус тонкой медной или платиновой проволоки.

**4. Принцип действия термоэлектрических термометров** основывается на свойстве двух разнородных проводников создавать термоэлектродвижущую силу при нагревании места их соединения - спая. В этом случае, проводники называют термоэлектродами, а всю конструкцию - термопарой. При этом, величина термоэлектродвижущей силы термопары зависит от материала, из которого сделаны термоэлектроды, и разности температур горячего спая и холодных спаев. Поэтому, при измерении температуры горячего спая температуру холодных спаев или стабилизируют или вводят поправку на ее изменение.

**5. Электронный термометр.** Такие приборы позволяют измерять температуру дистанционно - на расстоянии в несколько сотен метров. При этом, в контролируемом помещении располагается только совсем небольшой термочувствительный датчик, а другом помещении – индикатор.

**6. Электроконтактные термометры** предназначаются для сигнализации о заданной температуре, и при её достижении - для включения или выключения соответствующего оборудования. Электроконтактные термометры применяются в системах поддержания постоянной температуры от  $-35$  до  $+300^{\circ}\text{C}$  в различных лабораторных, промышленных, энергетических и других установках.

**7. Термометры цифровые** - это высокоточные, высокоскоростные современные приборы. Основой цифрового термометра служит аналого-цифровой преобразователь, который работает по принципу модуляции. Параметры цифрового термометра полностью зависят от установленных датчиков.

**8. Конденсационные термометры** работают, используя зависимость упругости насыщенных паров низкокипящей жидкости от температуры. Эти приборы обладают более высокой чувствительностью, чем другие, обычные термометры. Однако, поскольку зависимость упругости паров для используемых жидкостей, таких как, этиловый эфир, хлористый метил, хлористый этил, ацетон, являются нелинейными, то, как следствие, шкалы термометров нанесены неравномерно.

**9. Газовый термометр** действует по принципу зависимости между температурой и давлением термометрического вещества, лишенного возможности свободного расширения при нагревании в замкнутом пространстве

**10. Биметаллический термометр.** Его работа строится на различиях теплового расширения веществ, из которых изготавливаются пластины применяемых чувствительных элементов. Биметаллические термометры массово применяются на морских и речных судах, промышленности, атомных электростанциях, для измерения температуры в жидких и газообразных средах.

Биметаллический термометр составлен из двух тонких лент металла,

например, медной и железной, при нагревании которых, их расширение происходит неодинаково. Плоские поверхности лент плотно скреплены между собой, при этом, биметаллическая система из двух лент, скручена в спираль, а один из концов такой спирали жестко закреплен. При охлаждении или нагревании спирали, ленты, изготовленные из разных металлов, сжимаются или расширяются в разной степени. Как следствие, спираль или скручивается, или раскручивается. Прикрепленный к свободному концу спирали указатель, отображает результаты измерений.

**11. Кварцевые термометры** работают, основываясь на температурной зависимости резонансной частоты пьезокварца. Существенным недостатком кварцевых термометров является их инерционность, которая достигает нескольких секунд, и нестабильность при работе с температурой выше 100°C.

**12. Оптические термометры** или пирометры позволяют узнать температуру по уровню светимости тела, анализу его спектра и некоторым другим параметрам. Это бесконтактный прибор, способный измерять, причем с точностью до нескольких градусов, уровень тепла в широчайшем диапазоне – от 100 до 3000 градусов.

Кроме этой классификации существует разделение термометров по назначению на: технические, коррозионностойкие, игольчатые, трубные, судовые, сельскохозяйственные, самопишущие, сигнализирующие, метеорологические, вибростойкие, электроконтактные, лабораторные, для нефтепродуктов.

Вывод. Конечно, все перечисленные термометры и их принцип работы сложны и, во многом, пока не понятны. Но мы хотели показать, как многообразен мир термометров. Для нашей же работы интересен жидкостный термометр. Именно его мы и будем в дальнейшем рассматривать. В нашей домашней коллекции термометров имеются следующие: инфракрасный термометр (1), термометр на жидких кристаллах (2), жидкостные термометры (ртутный - 3, спиртовый - 4), биметаллический термометр (5), термометр Галилея (декоративный) (рис. 2), электронный термометр (6) (рис. 3).

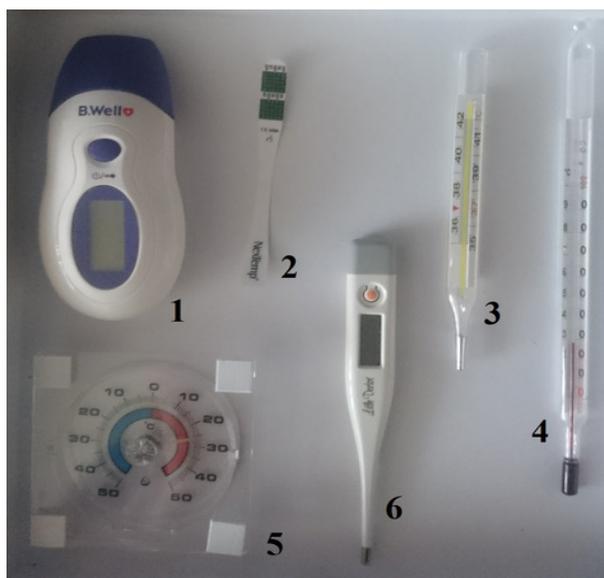


Рисунок 3. Домашняя коллекция термометров

## Устройство и принцип работы жидкостного термометра

Жидкостные термометры хорошо всем известны в быту: для измерения комнатной температуры или температуры человеческого тела.

Жидкостные термометры состоят из пяти принципиальных частей, это: шарик термометра, жидкость, капиллярная трубка, перепускная камера, и шкала (рис. 4).



Рисунок 4. Устройство жидкостного термометра

Шарик термометра — это часть, где помещается жидкость. Жидкость реагирует на изменение температуры поднимаясь или опускаясь по капиллярной трубке. Капиллярная трубка представляет собой узкий цилиндр по которому перемещается жидкость. Часто капиллярная трубка снабжена перепускной камерой, которая представляет собой полость, куда поступает избыток жидкости. Если не будет перепускной камеры, то после того, как капиллярная трубка наполнится, создастся достаточное давление для того, чтобы разрушить трубку, если температура будет и дальше повышаться. Шкала — это часть жидкостного термометра, с помощью которой снимаются показания. Шкала откалибрована в градусах. Шкала может быть закреплена на капиллярной трубке.

Принцип работы жидкостных термометров основан на свойстве жидкостей сжиматься и расширяться. Когда жидкость нагревается, то обычно она расширяется; жидкость в шарике термометра расширяется и двигается вверх по капиллярной трубке, тем самым показывая повышение температуры. И, наоборот, когда жидкость охлаждается, она обычно сжимается; жидкость в капиллярной трубке жидкостного термометра понижается и тем самым показывает понижение температуры. В случае, когда имеется изменение измеряемой температуры вещества, то происходит перенос теплоты: сначала от вещества, чья температура измеряется, к шарика термометра, а затем от шарика к жидкости. Жидкость реагирует на изменение температуры двигаясь вверх или вниз по капиллярной трубке.

## Практическая часть

### Исследование свойства изменения объема разных жидкостей при изменении температуры

Как было сказано выше, принцип работы жидкостных термометров основан на свойстве жидкостей изменять свой объем при изменении температуры. Как правило, в качестве жидкостей используются ртуть и спирт. Но почему именно эти жидкости? Мы предположили, что разные жидкости расширяются (сужаются) по-разному. Для проверки своей гипотезы, мы сконструировали термоскоп и, используя разные жидкости, проверим как они себя ведут при изменении температуры.

Нам понадобятся следующие материалы:

1. Пузырьки с резиновыми пробками (3 шт);
2. Капилляры (3 шт);
3. Вода;
4. Масло растительное;
5. Спирт.

Воду и спирт мы подкрасим, чтобы их можно было увидеть.

Нальем жидкости в пузырьки. Пузырьки закрываем пробками. В пробки втыкаем капилляры. Нальем в тарелку теплой воды. Ставим все три пузырька в тарелку с водой и наблюдаем за изменением уровня жидкостей в капиллярах. Через 5-7 мин фиксируем уровень жидкостей в капиллярах (рис. 5).



Рисунок 5. Уровни жидкостей в капиллярах

Мы обратили внимание, что спирт в капилляре поднимается быстрее. Затем вода и медленнее всего масло.

Вывод. Мы доказали, что разные жидкости меняют свой объем по-разному при одних и тех же условиях. Эксперимент показал, что спирт расширяется быстрее. Кроме этого, из источников литературы, мы узнали, что спирт замерзает

при температуре  $-114^{\circ}\text{C}$ , подсолнечное масло при  $-17^{\circ}\text{C}$ , ртуть при  $-39^{\circ}\text{C}$ , вода при  $0^{\circ}\text{C}$ . Эти данные ограничивают сферу применения этих жидкостей.

### Градуирование шкалы термометра

Чтобы измерить температуру необходимо разметить шкалу. Для этого нам понадобятся следующие материалы:

1. пластиковая (стеклянная) бутылка;
2. водопроводная вода;
3. пищевой краситель;
4. тонкая трубочка из стекла или пластика;
5. пластилин;
6. линейка;
7. белая бумага;
8. скотч;
9. холодная и горячая вода;
10. термометр для калибровки.

Схема термометра изображена на рисунке 6. Используемые материалы на рисунке 7.

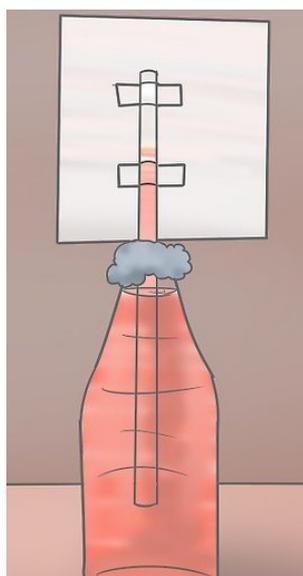


Рисунок 6. Схема термометра



Рисунок 7. Материалы для изготовления термометра

Размечать шкалу мы будем при помощи обычного термометра.

Нальем в сосуд жидкость и закроем его пробкой. Вставим через пробку капилляр. К капилляру прикрепим полоску бумаги. Опускаем в тарелку с водой комнатной температуры наш термометр и термометр калибровочный. Как только

в калибровочном термометре установится постоянная температура, отмечаем на полоске бумаги штрихом уровень жидкости и температуру. Наливаем в тарелку горячей воды и снова ждем установления температуры на калибровочном термометре. В нашем термометре жидкость в капилляре поднимется, и мы опять отмечаем штрихом уровень и температуру, согласно показаниям калибровочного термометра. У нас получилось две метки. Делим расстояние между этими метками на равное количество отрезков с помощью линейки, определяя таким образом цену деления нашего термометра. Разметив всю шкалу, сверяем с калибровочным термометром, опуская в воду разных температур (рис. 8).

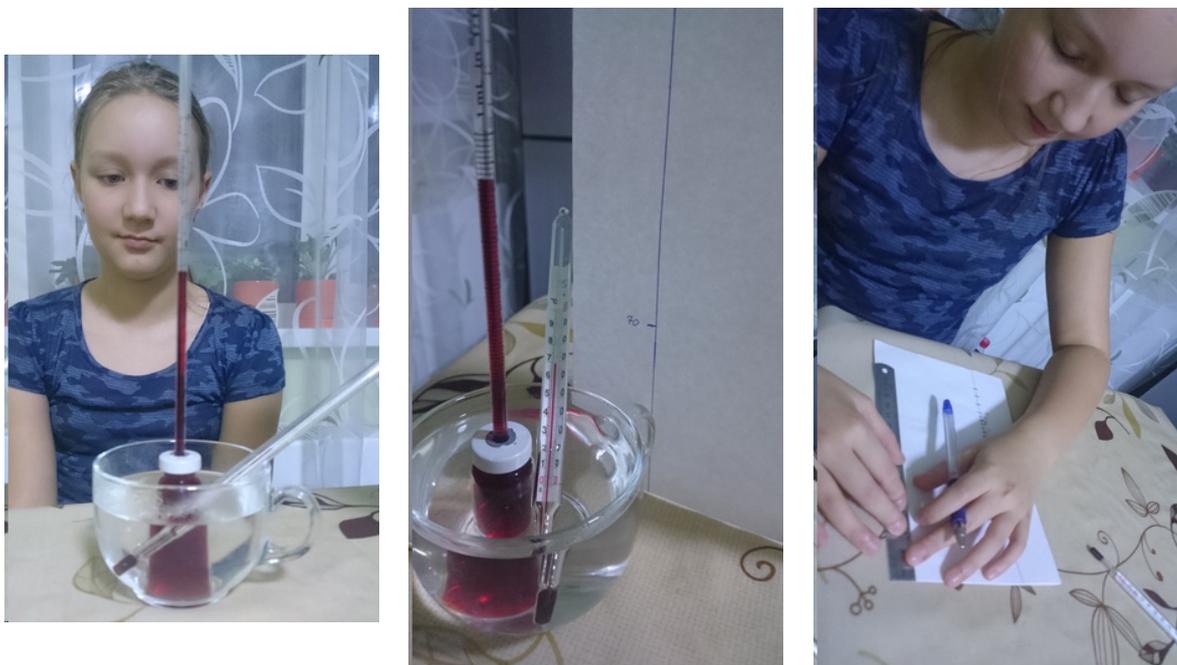


Рисунок 8. Процесс разметки шкалы термометра

Таким образом, мы сконструировали жидкостные термометр и с помощью него измерили разные температуры. Но цена деления у нас получилась не большой ( $2,5^{\circ}\text{C}$ ), поэтому точность нашего термометра не высокая. Ведь, чем меньше цена деления, тем выше точность прибора.

## Заключение

### Преимущества и недостатки жидкостных термометров

В заключении хотелось бы отметить, что несмотря на широкую распространенность, жидкостные термометры имеют и ряд недостатков.

**Преимущества.** Жидкостные термометры обладают самой высокой точностью определения температуры (погрешность не более 0,1 градуса). Они универсальны, следовательно, нет необходимости покупать разные приборы для измерения температуры. Чтобы продезинфицировать термометр, его можно просто протереть тканью, смоченной спиртовым раствором или любой антимикробной жидкостью. Если правильно соблюдать правила пользования и хранения, то такой термометр прослужит вам многие годы. Еще можно отметить простоту использования.

**Недостатки.** Из минусов жидкостных термометров следует отметить длительное время измерения температуры (около 10 минут для наиболее точного результата). А ртутные термометры еще и ядовитое вещество содержат. На ртутные медицинские термометры сейчас введен запрет на продажу и использование. К недостаткам можно отнести плохую видимость шкалы, невозможность ремонта (разбитый термометр восстановить нельзя).

### Список литературы

1. Майя М. История создания термометра: как придумали первый градусник? //Аргументы и факты, 29.03.2014
2. Раков Э.Г. Долгий путь термометров //Химия, № 4, 2008 (Электронный ресурс [Режим доступа] <http://him.1september.ru/index.php?year=2008&num=4>)
3. Раков Э.Г. Не только термометр //Химия, № 13, 2008 (Электронный ресурс [Режим доступа] [http://him.1september.ru/view\\_article.php?ID=200801302](http://him.1september.ru/view_article.php?ID=200801302))
4. Смородинский Я.А. Температура. - М.: Бюро Квантум, 2007. - 176 с. (<http://t-z-n.ru/precold/docs/kvant103.pdf>)
5. Яловой А. История термометра //Наука и жизнь, №7, 1938. - С. 57-60 (Электронный ресурс [Режим доступа] <https://www.nkj.ru/archive/articles/35249/>)
6. Рассмотрим, как сделать градусник своими руками (Электронный ресурс [Режим доступа] <https://technosova.ru> - портал о бытовой технике)