



“Физическая лаборатория”  
описание лабораторных работ  
для 8, 9,10 и 11 классов лицея.

Раздел “ Молекулярная Физика. Тепловые явления.”

Под редакцией Г.С. Богданова

Москва 2010г.

# Оглавление

	3
НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ОТВЕРДЕВАНИЕМ АМОРФНОГО ВЕЩЕСТВА.	
ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВЕЩЕСТВА.	4
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОЙ ЖИДКОСТИ	5
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОХОРНОГО ПРОЦЕССА	7
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.	9
ИЗУЧЕНИЕ ИЗОБАРНОГО ПРОЦЕССА	10

## 1. НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ОТВЕРДЕВАНИЕМ АМОРФНОГО ВЕЩЕСТВА.

Оборудование: пробирка с желтым веществом, лабораторный термометр, штатив лабораторный с муфтой и лапкой, сосуд с горячей водой (один на класс), наручные часы.

### Содержание и метод выполнения работы.

Аморфные вещества не имеют определенной температуры плавления. По мере нагревания они постепенно размягчаются, превращаясь в жидкость все менее и менее вязкую. При охлаждении эта жидкость непрерывно увеличивает свою вязкость, пока не застынет в аморфно-твердое тело. Объясняется это особенностями строения таких веществ.

В аморфных веществах молекулы расположены также беспорядочно, как и в жидкостях, и поэтому их переход в жидкое состояние и обратно не сопровождается изменением молекулярного строения вещества, а заключается только в непрерывном изменении подвижности молекул.

Таким образом, аморфно-твердое состояние и жидкое состояние не представляют собой двух различных состояний вещества. Тело из аморфного вещества может формально соответствовать признакам, характерным для твердых тел - сохранять свою форму и объем, но являться при этом жидкостью, в которой подвижность молекул значительно снизилась из-за охлаждения.

В том, что аморфные вещества, в отличие от кристаллических, не имеют определенной температуры плавления и кристаллизации, можно убедиться, сравнивая графики изменения температуры со временем, полушечные при наблюдении за охлаждением кристаллического и аморфного веществ.

Пробирку с аморфным веществом желтого цвета в присутствии учителя погружают наполовину в сосуд с горячей водой с температурой 70 - 80 С. После того, как вещество достаточно прогреется, убеждаются в том, что в пробирке жидкость. В нее погружают термометр и с интервалом времени в одну минуту записывают его показания. Когда температура уменьшится до 40°С, рассматривают вещество в пробирке и убеждаются в том, что оно затвердело. Опыт прекращают. Строят график зависимости температуры вещества от времени и сравнивают его с графиком, построенным при выполнении работы «Измерение температуры кристаллизации вещества». Убеждаются в отсутствии процесса кристаллизации при переходе аморфного тела из жидкого состояния в твердое.

### Порядок выполнения работы.

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

Время, мин														
t, °С														

2. Определите цену деления шкалы термометра.

3. Пробирку с желтым веществом опустите в горячую воду и растопите его.

4. Убедитесь, что в пробирке находится жидкость. При наклоне пробирки в разные стороны видно, что форма вещества в ней меняется в зависимости от наклона, то есть не сохраняется, что и является одним из отличий жидкостей от твердых тел.

5. Поместите в пробирку термометр и закрепите ее в лапке штатива.

6. После того, как показания термометра установятся, начинайте регистрировать температуру с интервалом в одну минуту.

7. Когда температура опустится до 40°С, освободите пробирку из лапки штатива и, наклоняя ее в разные стороны, убедитесь, что вещество застыло.

8. По данным измерений постройте график зависимости температуры вещества в пробирке от времени. При возможности сравните его с графиком, построенным при выполнении работы "Измерение температуры кристаллизации вещества".

9. С помощью графика докажите, что в пробирке находилось аморфное вещество.

### Контрольные вопросы.

1. Чем отличаются графики отвердевания кристаллического и аморфного веществ?

2. В чем внешнее отличие твердых тел от жидкостей?

## 2. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВЕЩЕСТВА.

Оборудование: пробирка с зеленым веществом, лабораторный термометр, стакан с горячей водой, наручные часы.

### Содержание и метод выполнения работы.

В кристаллическом веществе атомы и молекулы образуют упорядоченную упаковку и совершают малые колебания около своих положений равновесия. По мере нагревания тела скорость колеблющихся частиц возрастает вместе с размахом колебаний. Увеличение скорости движения частиц с возрастанием температуры составляет один из основных законов природы, который относится к веществу в любом состоянии - твердом, жидком или газообразном.

При определенной температуре колебания становятся столь энергичными, что упорядоченное расположение частиц становится невозможным - кристалл плавится. С началом плавления подводимое тепло идет уже не на увеличение скорости частиц, а на разрушение кристаллической решетки. Поэтому подъем температуры приостанавливается. Последующее нагревание - это увеличение скорости частиц жидкости.

В случае кристаллизации из расплава вышеописанные явления наблюдаются в обратном порядке: по мере охлаждения жидкости ее частицы замедляют свое хаотическое движение; с понижением температуры до определенного значения, частицы движутся уже столь медленно, что некоторые из них под действием сил притяжения начинают пристраиваться одна к другой, образуя кристаллические зародыши. Пока все вещество не закристаллизуется, температура останется постоянной. Эта температура, как правило, та же, что и температура плавления.

После того, как все вещество перейдет в твердое состояние, температура опять начинает понижаться, что соответствует процессу охлаждения твердого тела.

Таким образом, температуру кристаллизации вещества можно определить, построив график зависимости температуры от времени. Из изложенного выше следует, что этот график будет иметь характерный участок в виде отрезка, параллельного оси времени. Температура, соответствующая этому участку, и будет температурой кристаллизации данного вещества.

### Порядок выполнения работы.

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

Время, мин														
t, °C														

2. Опустите пробирку с исследуемым веществом в присутствии учителя в сосуд с водой при температуре 70°-80°C и наблюдайте за тем, как вещество плавится.

3. После того, как все вещество расплавится, перенесите пробирку в стакан, куда налито около 150 мл горячей воды, и поместите в расплавленное вещество термометр.

4. С момента, когда температура вещества начнет понижаться, записывайте показания термометра с интервалом в 1 минуту.

5. Продолжая записывать показания термометра, наблюдайте этап перехода вещества в твердое состояние.

6. При охлаждении до 45°C прекратите измерения. По полученным данным постройте график зависимости температуры от времени.

7. По графику определите температуру кристаллизации вещества и время, в течение которого продолжалась кристаллизация вещества.

### Контрольные вопросы.

1. Чем отличаются графики зависимости температуры от времени при отвердевании кристаллических и аморфных веществ ?

2. Как по графику изменения температуры вещества при нагревании от времени определить температуру плавления кристаллического тела?

### Дополнительное задание.

1. Налейте в сосуд около 400 мл горячей воды и погрузите в нее пробирку с затвердевшим кристаллическим веществом, куда ранее был вплавлен термометр.

2. Записывая показания термометра с интервалом в 1 минуту, наблюдайте за изменением состояния вещества при его нагревании до 70 °C.

3. По данным измерений постройте график зависимости температуры вещества от времени и определите по нему температуру плавления.

4. Сопоставьте полученные значения температур плавления и кристаллизации вещества.

### 3. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОЙ ЖИДКОСТИ.

Оборудование: пробирка, розовое вещество в пакете, лабораторный термометр, сосуд с горячей водой (один на класс), стеклянный стакан, наручные часы.

#### Содержание и метод выполнения работы.

Если кристаллическое вещество, находящееся в жидком состоянии, охлаждать, то в момент, когда его температура опустится до температуры плавления, должна начаться кристаллизация. Однако при достаточно быстром охлаждении жидкости кристаллизация не всегда успевает произойти и вещество оказывается при температуре, которая ниже температуры плавления, сохраняя свое жидкое состояние. Это явление называют переохлаждением жидкости.

В различных жидкостях переохлаждение достигается неодинаково легко. Некоторые жидкости могут переохлаждаться на десятки градусов ниже своей температуры кристаллизации, другие кристаллизуются уже при самом незначительном переохлаждении.

Состояние переохлажденной жидкости неустойчиво, также как состояние пересыщенного пара или перегретой жидкости. Некоторые жидкости в переохлажденном состоянии достаточно встряхнуть, чтобы вызвать быструю кристаллизацию. Переохлажденная жидкость может закристаллизоваться и при внесении в нее кристалла того же вещества. Из веществ, легко сохраняющихся в переохлажденном состоянии, можно назвать гипосульфит, салол, ванилин.

Если переохлажденная жидкость начинает кристаллизоваться, имея незначительный теплообмен с окружающими телами, то выделяющаяся при этом энергия нагревает образующуюся смесь из кристаллов и жидкости. При не слишком сильном переохлаждении, то есть когда температура жидкости на момент кристаллизации оказалась не на много ниже температуры плавления, выделяющаяся теплота может разогреть всю систему до температуры плавления, после чего темп кристаллизации замедлится и будет зависеть от того, с какой скоростью выделяющееся тепло станет поглощаться окружающими телами.

Целью работы является построение графика зависимости температуры вещества от времени, определение по нему температуры кристаллизации, наблюдение за ростом кристаллов в переохлажденной жидкости. Объектом изучения является розовое вещество в пробирке. В присутствии учителя пробирку погружают наполовину в горячую воду с температурой 60°-70°С. Вещество быстро расплавится. Пробирку переносят в стеклянный стакан без воды или зажимают в лапке штатива, вставляют в нее лабораторный термометр и с интервалом в одну минуту записывают его показания. Чтобы не вызвать преждевременной кристаллизации, стакан с пробиркой надо предохранять от толчков. Термометр в жидкости тоже должен находиться неподвижно. Когда температура опустится до 35°С, термометр несколько раз поднимают и опускают внутри жидкости. Этого воздействия оказывается достаточно, чтобы начался процесс кристаллизации. Продолжая измерять температуру, наблюдают за образованием кристаллов. Опыт заканчивают после того, как вещество, закристаллизовавшись, начнет остывать уже как твердое тело.

#### Порядок выполнения работы.

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

Время, мин														
t, °С														

2. Определите цену деления шкалы термометра.

3. Разомните вещество в пакетике и пересыпьте его в пробирку.

4. Пробирку с веществом поместите в сосуд с горячей водой. Когда вещество полностью расплавится, перенесите пробирку в стеклянный стакан без воды и поместите в нее термометр.

5. После того, как показания термометра установятся, начинайте записывать его показания с интервалом в одну минуту.

6. Когда температура опустится до 35°С, помешайте термометром жидкость в пробирке, стараясь не повредить его кончик.

7. При образовании первых кристаллов обратите внимание на их форму и скорость роста.

8. Постройте график зависимости температуры вещества от времени.

9. По графику определите:

а) температуру кристаллизации вещества,

б) продолжительность времени пребывания вещества в состоянии переохлажденной жидкости,

в) продолжительность времени кристаллизации вещества.

10. Окончив работу, вещество вновь расплавьте, охладите и перелейте в пакетик.

**Внимание! Вещество, оставленное в пробирке, при длительном хранении может привести к ее растрескиванию.**

### **Контрольные вопросы.**

1. Какое состояние вещества называют переохлажденной жидкостью?
2. Как вещество можно вывести из состояния переохлажденной жидкости?

#### 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОХОРНОГО ПРОЦЕССА

Оборудование: прозрачная трубка с кранами, манометрическая трубка, измерительная лента, штатив с лапкой, внешний стакан калориметра, термометр лабораторный, мерный цилиндр, сосуд с теплой водой.

##### Содержание и метод выполнения работы

Целью работы является исследование зависимости давления газа от температуры при его изохорном охлаждении. Из закона Шарля следует, что если объем определенного количества газа не изменяется, то изменение его давления и температуры удовлетворяет условию:  $P_1/T_1 = P_2/T_2$  (1), где  $P_1$  и  $P_2$  - давление газа в исходном и конечном состояниях, а  $T_1$  и  $T_2$  - температура в этих состояниях.

В начале эксперимента определяют давление и температуру газа в нагретом состоянии. Затем его охлаждают при неизменном объеме и вновь определяют давление и температуру. После этого проверяют, насколько изменение этих параметров соответствует равенству (1).

Исследуемым газом является воздух, находящийся внутри прозрачной трубки. Чтобы его нагреть трубку укладывают плотно виток к витку в стакан калориметра. Перед этим один из кранов закрывают. Укладку начинают с того конца, на котором находится закрытый кран, и проводят так, чтобы конец с открытым краном оказался сверху. Затем в стакан наливают теплой воды. Уровень воды должен быть выше открытого крана не более чем на 5 - 10 мм.

Воздух в шланге при нагревании станет расширяться и из крана начнут выходить пузырьки. Когда температуры воздуха и воды сравняются, расширение прекратится и пузырьки перестанут образовываться. После отделения последнего пузырька кран закрывают.

Состояние воздуха в шланге в этот момент принимают за исходное и приступают к определению его параметров - температуры и давления. Температуру определяют термометром по температуре воды, а давление по показанию классного барометра - anerоида. Такой способ измерения давления возможен по следующим соображениям. Пузырьки образуются до тех пор, пока давление воздуха в трубке не станет равным сумме давления атмосферы и столба воды над краном. Но так как уровень воды над краном по условию проведения опыта составляет всего несколько миллиметров, давлением водяного столба можно пренебречь по сравнению с давлением атмосферы. Исходя из этого, можно считать, что в исходном состоянии давление воздуха в трубке равно атмосферному давлению.

Измерив исходные параметры воздуха, его переводят в другое состояние путем охлаждения до комнатной температуры. Трубку извлекают из калориметра и в виде бухты вешают на лапку штатива. Лапка штатива предварительно закрепляется на стержне на высоте около 35 см от поверхности стола. Под лапку ставят мерный цилиндр, в который налито 15 - 20 мл воды. Термометр также вынимают из калориметра.

Затем один из кранов соединяют с манометрической трубкой. Делается это в следующей последовательности. Свободный конец трубки погружают до дна в мерный цилиндр. Верхнюю часть трубки слегка зажимают в лапке штатива, но так чтобы внутренний канал не оказался полностью перекрытым. Еще раз проверяют, чтобы нижний конец трубки был бы погружен в воду. Только после этих операций трубку с помощью соединительного патрубков соединяют с краном.

При контакте с более холодным воздухом классного помещения воздух в большой трубке охлаждается, его давление падает, но объем остается постоянным. Если открыть кран, то на концах манометрической трубки возникнет разность давлений и вода из сосуда начнет втягиваться вверх по трубке до тех пор, пока давление столба воды в ней и давление воздуха в большой трубке не уравниваются атмосферного давления.

то есть пока не наступит равенство:  $P_{ат} = P_2 + P_в$ , где  $P_в$  - давление в трубке, а  $P_в$  - давление столба воды в манометрической трубке. Отсюда  $P_2 = P_{ат} - P_в$ . По высоте водяного столба определяют его давление и, зная давление атмосферы, вычисляют давление в большой трубке после охлаждения -  $P_2$ . Температура в трубке в этот момент равна температуре воздуха в классе и определяется термометром.

Получив значения  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $T_1$  и  $T_2$  находят отношения давления воздуха к его температуре в нагретом и охлажденном состоянии и проверяют насколько выполняется равенство (1) в условиях проведенного эксперимента.

## Порядок выполнения работы

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

$t_1$ , °C	$T_1$ , °K	$P_2$ , Па	$t_2$ , °C	$T_2$ , °K	$h$ , мм	$P_B$ , Па	$P_2$ , Па	$P_1/T_1$	$P_2/T_2$

2. По показанию термометра определите температуру воздуха в классе –  $t_2$ .

3. Уложите трубку во внешний стакан калориметра.

4. Заполните стакан теплой водой так, чтобы открытый кран оказался бы погруженным не более чем на 5 - 10 мм.

5. По выделению пузырьков определите момент выравнивания температур воды и воздуха в трубке.

6. По температуре воды определите температуру в трубке –  $t_1$ .

7. С помощью барометра - анероида определите давление воздуха в трубке  $P_1 = P_{ат}$ .

8. Закройте кран, извлеките трубку из стакана и поместите ее на штатив как сказано выше.

9. Присоедините к крану манометрическую трубку, выполняя последовательность действий, изложенную в предыдущем разделе.

9. Плавно откройте кран и наблюдайте за поднятием уровня воды в манометрической трубке. В момент, когда температуры воздуха в большой трубке и в комнате станут одинаковыми, поднятие уровня воды прекратится.

Измерьте после этого разность уровней воды в трубке и в мерном цилиндре -  $h$ .

11. Вычислите величину давления водяного столба:  $P_B = \rho gh$ , где  $\rho$  - плотность воды,  $g$  - ускорение свободного падения,  $h$  - разность уровней.

12. Вычислите давление воздуха в трубке после охлаждения  $P_2 = P_{ат} - P_B$

13. Переведите полученные значения температуры в градусы шкалы Кельвина  $T = t + 273^\circ$ .

14. Вычислите отношения  $P_1/T_1$  и  $P_2/T_2$ .

15. Сделайте вывод о том, насколько полученный результат соответствует формуле (1). Укажите возможные причины расхождения экспериментальных данных с теорией.

## Контрольные вопросы

1. Почему охлаждение воздуха в проведенном опыте можно считать изохорным?

2. Какие условия должны выполняться, чтобы изменения параметров газа соответствовали закону Шарля



## 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.

Оборудование: прозрачная трубка с кранами на концах, мерный цилиндр, измерительная лента.

### Содержание и метод выполнения работы.

Целью работы является проверка соотношения между объемом и давлением определенного количества газа при его изотермическом сжатии. В соответствии с законом Бойля-Мариотта это соотношение должно иметь вид:  $V_1 P_1 = V_2 P_2$  (1), где  $V_1$  и  $V_2$  - объемы, занимаемые газом соответственно до и после сжатия, а  $P_1$  и  $P_2$  - его давления.

Объектом изучения в работе является воздух, находящийся внутри прозрачной трубки. До сжатия он имеет следующие параметры. Давление равно атмосферному. Объем равен объему внутренней полости трубки. Температура соответствует температуре воздуха в помещении класса.

Для сжатия воздуха в трубке один из кранов закрывают. Второй кран оставляют открытым. Конец трубки с открытым краном погружают до дна мерного цилиндра, который предварительно заполняют водой комнатной температуры, недолив до края 15 - 20 мм. Через открытый кран в трубку заходит вода и сжимает воздух до тех пор, пока его давление не сравняется с внешним давлением. Таким образом, после сжатия параметры воздуха окажутся следующими. Объем будет равен объему внутренней полости за вычетом объема воды, вошедшей в трубку. Давление возрастет на величину гидростатического давления столба воды в цилиндре. Температура не изменится.

Объем внутренней полости трубки определяется произведением площади ее поперечного сечения на длину. Поскольку поперечное сечение трубки одинаково по всей длине, объем воздуха удобно измерять в условных единицах. За условную единицу принимают единицу длины воздушного столба.

Итак, в исходном состоянии давление определяется по показаниям барометра - anerоида, а объем измерительной лентой по длине внутренней полости.

Для измерения давления во втором состоянии измеряют разницу уровней воды в мерном цилиндре и в трубке -  $h$ . По формуле для расчета гидростатического давления жидкости вычисляют давление столба воды:  $P_v = \rho gh$ , где  $\rho$  - плотность воды. Давление воздуха во втором состоянии будет равно сумме атмосферного и гидростатического давлений.

Для определения объема воздуха во втором состоянии измеряют длину столба воды, вошедшей в трубку. Из измеренной ранее длины трубки вычитают длину столба воды.

Завершив измерения, находят произведения давления на объем воздуха в первом и втором состояниях. Сравнивая полученные числа, делают вывод о справедливости закона Бойля - Мариотта.

### Порядок выполнения работы.

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

$l_1$ , мм	$P_1$ , Па	$\Delta l$ , мм	$l_2$ , мм	$h$ , мм	$P_v$ , Па	$P_2$ , Па	$l_1 P_1$	$l_2 P_2$

- Измерьте длину воздушного столба в трубке -  $l_1$ .
- Закройте один кран и погрузите конец трубки с открытым краном в мерный цилиндр до дна.
- Измерьте длину столба воды, вошедшей в трубку -  $\Delta l$ .
- Измерьте разницу уровней воды в мерном цилиндре и в трубке -  $h$ .
- Вычислите длину воздушного столба в трубке после сжатия  $l_2 = l_1 - \Delta l$ .
- Вычислите гидростатическое давление воды  $P_v = \rho gh$ .
- Вычислите давление воздуха в трубке после сжатия  $P_2 = P_1 + P_v$ .
- Вычислите произведения  $l_1 P_1$  и  $l_2 P_2$  и сделайте вывод о том, насколько точно изменение параметров газа в проделанном опыте соответствует закону Бойля-Мариотта.
- Укажите причины, повлиявшие на точность полученных результатов.

### Контрольные вопросы.

- Почему процесс сжатия воздуха в данной работе можно считать изобарным?
- Какие условия должны выполняться, чтобы изменения параметров газа соответствовали закону Бойля-Мариотта?

## 6. ИЗУЧЕНИЕ ИЗОБАРНОГО ПРОЦЕССА

Оборудование: прозрачная трубка с двумя кранами на концах, лабораторный термометр, измерительная лента, внешний стакан калориметра, сосуд с теплой водой, сосуд с холодной водой.

### Содержание и метод выполнения работы

Целью работы является проверка соотношения между изменением объема и температуры определенного количества газа при его изобарном охлаждении. В соответствии с законом Гей-Люссака это соотношение должно иметь вид:  $V_1/T_1 = V_2/T_2$  (1), где  $V_1$  и  $V_2$  - объемы, занимаемые данной массой газа соответственно до и после охлаждения, а  $T_1$  и  $T_2$  - его температуры.

Исследуемым газом в данной работе является воздух, находящийся внутри прозрачной трубки. Для изоляции внутренней полости трубки от внешней среды на концах закреплены специальные краны.

Измерения объема и температуры теплого и холодного воздуха внутри трубки проводят в следующем порядке.

Трубку плотно, виток к витку, укладывают внутрь стакана калориметра. Кран, который расположится при этом вблизи дна, предварительно закрывают. Верхний кран оставляют открытым. Затем в калориметр наливают нагретую до 55 - 60°C воду. Воду заливают так, чтобы открытый кран оказался бы погруженным в нее не более чем на 5-10 мм. По мере прогрева объем воздуха в трубке будет возрастать и из открытого крана станут выходить пузырьки. В момент, когда температура воздуха сравняется с температурой теплой воды, выделение пузырьков прекратится. Это состояние воздуха в трубке принимают за исходное. Температуру воздуха в исходном состоянии  $T_1$  можно определить, если измерить температуру воды в стакане. Его объем  $V_1$  равен объему внутренней полости трубки.

После измерения температуры теплой воды воздух переводят в состояние с другими параметрами. Для этого закрывают кран, теплую воду сливают и заполняют стакан холодной водой, следя за тем, чтобы ее уровень над верхним краном оказался таким же, как в первой части опыта. После этого кран опять открывают. При охлаждении объем воздуха уменьшится, и через открытый кран в трубку поступит некоторое количество воды. Когда температуры воды и воздуха опять станут одинаковыми (через 1-2 минуты), приступают к определению параметров газа в новом состоянии.

Температуру воздуха вновь определяют по температуре воды. Чтобы определить его объем после охлаждения, закрывают верхний кран, трубку извлекают из калориметра и, удерживая вертикально, резко встряхивают несколько раз. При этом капли воды, попавшие внутрь, сольются и образуют неразрывный столбик. Измерив объем этого водяного столба и вычтя его из внутреннего объема трубки, узнают объем воздуха в конечном состоянии.

Измерение объемов в этой работе удобно проводить в условных единицах по длине воздушного или водяного столба:

внутренняя полость трубки имеет форму цилиндра и ее объем  $V = S \times l$ , но площадь поперечного сечения  $S$  в ходе опыта не меняется, и, чтобы не измерять эту величину, которая после подстановки в равенство (1) все равно сократится, объем выражают в единицах длины (см. рисунки 1 и 2).

Давление воздуха в трубке в первой и второй части опыта равнялось сумме атмосферного давления и давления небольшого столба воды над открытым краном. Поскольку уровень теплой и холодной воды не менялся, то эта сумма в ходе опыта не менялась, а значит и давление воздуха в трубке при его охлаждении оставалось постоянным, то есть процесс протекал изобарически.

В завершении работы сравнивают отношения объема воздуха к его температуре до и после охлаждения.

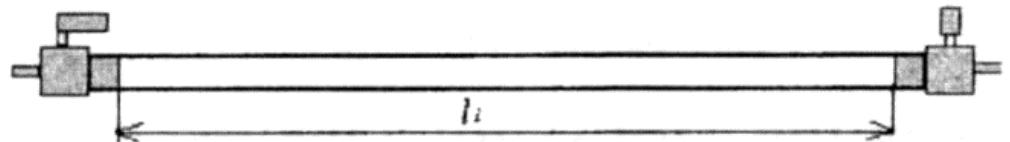


Рисунок 1

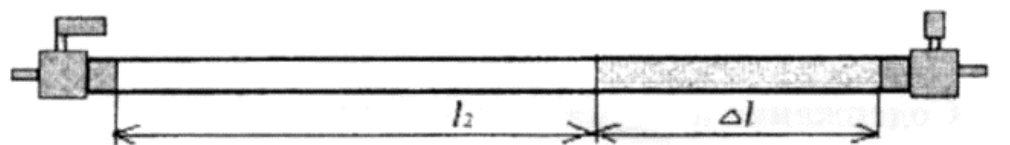


Рисунок 2

## Порядок выполнения работы

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

$l_1$ , см	$t_1$ , °C	$T_1$ , °K	$\Delta l$ , см	$l_2$ , см	$t_2$ , °C	$T_2$ , °K	$l_1/T_1$	$l_2/T_2$

2. Измерьте длину воздушного столба в трубке –  $l_1$  (рис. 1).

3. Закройте один кран и уложите трубку виток к витку в стакан калориметра. Кран на верхнем конце оставьте открытым.

4. Заполните стакан теплой водой и поместите в него термометр.

5. Наблюдайте за выделением пузырьков воздуха из открытого крана. Как только оно прекратится, определите и запишите показание термометра –  $t_1$  (°C).

6. Закройте кран, слейте теплую воду, заполните стакан холодной водой до прежнего уровня и снова откройте кран.

7. Выждав полторы - две минуты, определите и запишите показание термометра –  $t_2$  (°C).

8. Закройте кран, слейте воду, извлеките шланг из стакана, встряхните его и измерьте длину столба воды в нем –  $\Delta l$  (рис. 2).

9. Вычислите длину столба охлажденного воздуха:  $l_2 = l_1 - \Delta l$ .

10. Переведите записанные показания термометра в градусы Кельвина:  $T = t + 273^\circ$ .

11. Вычислите отношения  $l_1/T_1$  и  $l_2/T_2$  и сделайте вывод о том, насколько точно изменение параметров газа в проделанном опыте соответствует закону Гей-Люссака.

12. Укажите причины, повлиявшие на точность полученных результатов.

### Контрольные вопросы

1. Почему процесс охлаждения воздуха в данной работе можно считать изобарным?
2. Какие условия должны выполняться, чтобы, определяя параметры газа, можно было воспользоваться законом Гей-Люссака?