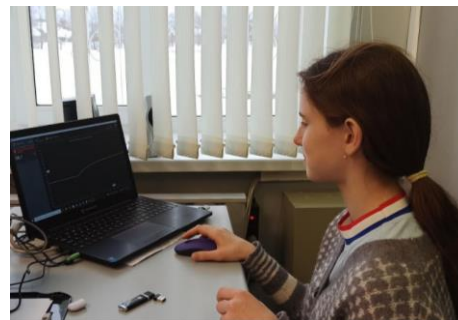


Перегретая жидкость: возможность получения при нормальном атмосферном давлении

Сафонова Ксения Сергеевна

8 класс, МБОУ Проволоченская ОШ, р.п. Виля Выксинский р-н
Нижегородской области

Научный руководитель: Н.С. Боброва,
учитель физики Проволоченская ОШ, р.п. Виля Выксинский
р-н Нижегородской области



Работа посвящена выяснению условий процесса кипения, а также возможности получения перегретой жидкости при нормальном атмосферном давлении. В процессе выполнения исследований в данной работе были изучены теоретические основы процесса кипения; экспериментально исследованы стадии кипения воды; выяснена зависимость времени нагревания от состава воды (водопроводная вода, прокипевшая и вода с примесями); получена перегретая жидкость при нормальном атмосферном давлении в условиях кабинета физики; определена возможность практического применения перегретой жидкости и уровень ее опасности; сделаны выводы на основе полученных материалов и результатов исследования. Результаты, представленные в работе, имеют практическую значимость. Представлены меры предосторожности по нагреванию воды в микроволновой печи.

Одним из фундаментальных физических явлений является кипение, которое мы широко используем на практике. Известно, что кипячение помогает снизить жесткость воды, а также уменьшить содержание хлора. Но мы не задумываемся, почему кипяченая вода закипает дольше, чем сырая и почему возможно перегреть воду выше температуры кипения?! Этим вопросам посвящена данная исследовательская работа.

Цель исследования: выяснение условий и механизма процесса кипения и возможность получения перегретой жидкости при нормальном атмосферном давлении.

Задачи: изучить теоретические основы процесса кипения: его особенности и стадии; экспериментально исследовать стадии кипения воды; выяснить зависимость времени нагревания от состава воды (водопроводная вода, прокипевшая и вода с примесями); получить перегретую жидкость при нормальном атмосферном давлении в условиях кабинета физики; определить возможности практического применения перегретой жидкости и уровень ее опасности, сделать выводы на основе полученных материалов и результатов исследования.

Объект исследования – кипение воды. **Предмет** – зависимость температуры кипения и времени закипания воды от ее состава; получение перегретой жидкости при нормальном атмосферном давлении.

Гипотезы: температура кипения и время закипания воды зависит от ее вида; при нормальном атмосферном давлении возможно получение перегретой жидкости.

В ходе работы над поставленной проблемой был изучен теоретический материал по теме исследования. Известно, что кипение – это процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное, происходящий с образованием пузырьков пара в объеме жидкости [6]. Кипение воды происходит в четыре стадии. Первая стадия: при нагревании воды, растворенный в ней воздух выделяется на дне и стенках сосуда, образуя мелкие пузырьки. Они начинают появляться задолго до кипения. Внутри каждого пузырька кроме воздуха, содержатся насыщенные пары воды. На второй стадии при повышении температуры мелкие пузырьки, заполненные воздухом и паром, увеличиваются в объеме, их становится много. Когда пузырьки становятся достаточно большими, действующая на них выталкивающая сила заставляет их оторваться от стенок сосуда. Далее (третья стадия) поднимающиеся пузырьки, попадая в верхние, более холодные слои воды, уменьшаются в размере. Они образуют так называемые «жемчужные нити», которые поднимаются к поверхности воды. Т.к. давление внутри пузырька стремительно падает, пузырек захлопывается. Эти микровзрывы создают характерный шум. На четвертой стадии, когда вся вода достаточно прогреется, поднимающиеся пузырьки достигают поверхности, выбрасывая пар во внешнее пространство. Вода начинает интенсивно бурлить, появляются большие лопающиеся пузыри и брызги.

А что же произойдет при длительном кипячении воды? Если воду прокипятить несколько раз, то число мест на стенках сосуда, от которых отделяются пузырьки с паром, с течением времени уменьшается. Вода, из которой выгнан весь растворенный в ней воздух, «запаздывает» с кипением; зато, начавшись, оно протекает очень быстро, с большим выделением пара. Температура такой жидкости превышает 100 °С.

Оказывается, при нормальном атмосферном давлении можно получить воду, температура которой составляет 130 °С. Эта перегретая субстанция отличается нестабильностью: чтобы жидкость

закипела, достаточно просто встряхнуть сосуд или бросить в воду микроскопический объект, например, песчинку. Такую воду удалось получить английскому физику Джеймсу Максвеллу. Он смог перегреть воду при нормальном давлении до 180°C . Это дало повод английскому физику и химику Уильяму Грове утверждать, что «никто еще не наблюдал кипения вполне чистой, не содержащей воздуха воды». Перегретая жидкость используется в пузырьковых камерах, изобретенных Д. Глезером в 1952 г., для визуализации треков релятивистских заряженных частиц, т. е. частиц, движущихся со скоростями, близкими к скорости света [8].

В ходе выполнения экспериментальной части работы, были проведены исследования и даны объяснения поставленным вопросам.

1. Почему кипяченая вода закипает дольше, чем сырая? Результаты наблюдений представлены в таблице.

Таблица. Сравнительная характеристика кипения сырой и кипяченой воды

| | Сырая вода | Кипяченая вода |
|----------|---|---|
| Стадия 1 | Идет обильное испарение с поверхности жидкости, над горлышком колбы образуется туман. | Идет незначительное испарение с поверхности жидкости, над горлышком колбы образуется туман. |
| Стадия 2 | На внутренней поверхности стенок образуются и начинают расти пузырьки. Пузырьки увеличиваются в размерах, отрываются от стенок колбы, поднимаются вверх и исчезают. | Редкие пузырьки образуются на внутренней поверхности стенок. Видно, как прогретые нижние слои жидкости постепенно поднимаются вверх |
| Стадия 3 | Возникает шум предшествующий закипанию воды. | Растет скорость перемешивания нагретых слоев, появляются редкие пузырьки, в основном около температурного щупа. Шум практически не возникает. |
| Стадия 4 | Пузырьки всплывают на поверхность, лопаются, слышно как булькает вода, кипит. | В верхних слоях наблюдается бурление воды. Вода кипит. |

Как показали результаты эксперимента, все дело в мельчайших пузырьках воздуха, которые растворены в воде или забились в щелях и шероховатостях посуды. При нагревании воды они начинают проявляться. Именно эти мельчайшие пузырьки воздуха являются основой для образования первых пузырей пара кипящей воды. Их так и называют – центры парообразования. Первые пузырьки, появляющиеся в нагреваемой сырой воде, заключают не водяной пар, а воздух. С внутренней их поверхности начинают затем освобождаться и молекулы водяного пара. Надо помнить, что всего более затруднено появление в воде первых, самых мелких пузырьков пара, так как давление насыщенного пара в мельчайших пузырьках особенно понижено. Когда трудности рождения миновали, т. е. когда пузырьки так или иначе уже появились, дальнейший процесс образования в них пара значительно облегчается, и пузырьки быстро разрастаются. Этим и объясняется то, что сырая вода, содержащая в растворе воздух, не запаздывает с кипением, как вода кипяченая. Значение температуры кипения сырой воды составляет 100°C (рис. 1). Время закипания: 4 минуты.



Рис. 1. Температура кипения сырой воды

2. Почему возможно перегреть воду выше температуры кипения?

Чтобы жидкость не кипела при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, должны отсутствовать центры парообразования (небольшие пузырьки воздуха). Воду необходимо нагревать в сосуде, у которого будет наименьшая шероховатость стенок, т.е. не будет мест, где могут скопиться пузырьки воздуха. А также взять абсолютно чистую воду без примесей, так как мельчайшие посторонние частицы могут нести в себе центры парообразования. В нашем случае, для уменьшения центров парообразования вода предварительно прокипела 3 раза. Вода, из которой предварительным кипячением выгнан весь растворенный в ней воздух, запаздывает с кипением: кипение начинается позднее. Температура кипения при этом увеличивается. Образовавшаяся перегретая жидкость отличается крайней нестабильностью — достаточно попадания мельчайших частиц соли, чтобы жидкость мгновенно вскипела (а при высоких температурах — буквально взорвалась) сразу во всем объеме. Это явление, с большой осторожностью, мы и наблюдали в ходе проведения эксперимента. Значение температуры кипения прокипячённой воды составляет $101,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). Время закипания: 6 минут.



Рис. 2. Температура кипения прокипячённой воды

3. Какая вода закипает быстрее — солёная или пресная?

Результаты эксперимента показывают, что для закипания раствора соли (концентрация 1:10) необходимо больше времени, чем для закипания пресной воды. Кроме этого, солёная вода закипает при более высокой температуре, чем пресная. Значение температуры кипения раствора соли при выполнении эксперимента составляет $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, время закипания: 5,5 минут. Дело в том, что при повышении температуры молекулы, находящиеся в солёной воде, двигаются намного быстрее, но их количество уменьшается, значит, сталкиваются они реже. Именно этим можно объяснить меньшее количество пара — ведь его давление меньше, чем у пресной воды. Чтобы добиться в солёной воде давления, превышающего значение атмосферного, и начала кипения, требуется температура повыше.

4. Чем опасен перегрев воды?

На примере микроволновой печи перегрев воды может произойти в любой момент, особенно если вода налита в новую чашку или её немного. Вода в таких условиях нагревается быстрее, чем образуются пузырьки пара. Поэтому она не закипает, а продолжает нагреваться, проходя точку кипения. Если её потревожить в этом состоянии, например, немного наклонить чашку, или бросить в неё кусочек сахара — произойдёт лавинообразное образование пузырьков пара. Соответственно, резко возрастёт объём кипятка, и он будет взрывообразно выброшен из чашки. Подобный процесс происходит при открывании бутылки с газированной водой, если её предварительно взболтать. Попадание кипятка на кожу может вызвать ожоги 1 – 2 степени.

Вероятность перегрева возрастает при использовании посуды из стекла, так как на внутренней поверхности отсутствуют места для образования пузырьков пара и тщательно очищенной воды, например, ранее кипячённой. Воду для кипячения лучше брать с водопровода, а посуду — с трещинками или щербинками внутри, которые будут служить местом конденсации пара. Микроволновая печь, конечно, удобна, когда нужно быстро вскипятить небольшое количество воды. Однако, не следует злоупотреблять печью для этой цели, так как после проведения клинических испытаний выяснилось, что у воды под действием микроволнового излучения меняется структура. То есть организм получает некачественную воду, что может нарушить обмен веществ.

В процессе выполнения исследований в данной работе были: изучены теоретические основы процесса кипения; экспериментально исследованы стадии кипения воды; выяснена зависимость времени нагревания от состава воды (водопроводная вода, прокипевшая и вода с примесями); получена перегретая жидкость при нормальном атмосферном давлении в условиях кабинета физики; определена возможность практического применения перегретой жидкости и уровень ее опасности, сделаны выводы на основе полученных материалов и результатов исследования.

Литература

1. *Гуревич А.Е.* Физика и Химия. - М.: Дрофа, 1997.
2. *Ландау Л.Д.* Молекулы. – М.: Наука, 1984.
3. *Перельман Я.И.* Занимательная физика. Кн. 1 - 2. – М.: Наука, 1976.
4. *Перышкин А.В.* Физика 8. – М.: Дрофа, 2013.
5. Физика. 8 кл.: Учебник для общеобразовательных учреждений./ А.В. Перышкин. – М.: Дрофа, 2010.
6. *Хилькевич С.С.* Физика вокруг нас. – М.: Наука, 1985.
7. *Хомутский В.Д.* Тепловые явления. – Челябинск, 1991.