

Зависимость температуры кипения от высоты над уровнем моря и атмосферного давления

физика

Юдин Д. А. 4В класс, МБОУ СОШ № 12 г. Пятигорск

Юдин Т. А. 3Д класс, МБОУ СОШ № 12 г. Пятигорск

Научный руководитель: Закомерная Н. В., МБОУ СОШ № 12 г. Пятигорска

Введение.

Проблема исследования: с процессом кипения мы сталкиваемся каждый день, и даже чаще. Проходят ли продукты термообработку на больших высотах? Приготовление еды в скороварке или мультиварке происходит быстрее. Интересно выяснить почему?

Цели: экспериментальным путем выявить зависимость температуры кипения воды от высоты над уровнем моря и атмосферного давления.

Задачи:

- ✓ Провести экспериментальный замер температуры кипения воды на высотах: 0м над уровнем моря, 200м, 1000м, 1400м, 2000м, 3500м, 3750м.
- ✓ Найти практическое применение теоретическому выводу работы.

Объектом нашего исследования является процесс кипения воды, а **предметом** - выявление условий, которые влияют на температуру кипения воды.

Гипотеза: существует зависимость температуры кипения воды от атмосферного давления.

Актуальность: Изменение температуры кипения с помощью регулирования давления широко применяется в пищевом производстве.

Краткий обзор литературы.

Кипение – это интенсивный переход жидкости в пар, происходящий с образованием пузырьков пара по всему объему жидкости при определенной температуре. [4] Энергия кипения воды широко используется человеком в быту. Данный процесс стал настолько обыденным и привычным, что никто не задумывается о его природе и особенностях. Тем не менее с кипением связан целый ряд интересных фактов.

Как же происходит этот процесс и от чего он зависит? При нагревании какой-либо жидкости мы увидим ряд особенностей. Прежде всего обратим внимание на то, что с поверхности жидкости происходит испарение. На это указывает туман, образовавшийся над емкостью. Это водяной пар конденсируется в воздухе при охлаждении, образуя мельчайшие капельки (сам пар, конечно, невидим). При дальнейшем повышении температуры мы заметим появление в жидкости многочисленных мелких пузырьков. Их размеры постепенно растут. Это пузырьки воздуха, который растворен в воде. При нагревании излишек воздуха выделяется из воды в виде пузырьков. В них содержится насыщенный водяной пар, так как вода испаряется внутрь этих пузырьков воздуха. По мере дальнейшего нагревания воды пузырьки становятся крупнее и многочисленнее. С ростом размеров пузырьков возрастает и архимедова сила, выталкивающая их из воды, и они всплывают. В этот момент бывает слышен шум, предшествующий обычно кипению. При определенной температуре с приближением к поверхности жидкости объем пузырьков резко возрастает. На поверхности они лопаются, и находящийся в них насыщенный пар выходит в атмосферу – вода кипит.[4]

Нам с детства известно, что температура кипения воды равна 100 °С и можно подумать, что это неотъемлемое свойство воды, что вода, где бы и в каких условиях она ни находилась, всегда будет кипеть при 100 °С. Но это

не так, и об этом прекрасно осведомлены жители высокогорных селений. Вблизи вершины Эльбруса имеется домик для туристов и научная станция. Новички иногда удивляются, «как трудно сварить яйцо в кипятке» или «почему кипяток не обжигает». В этих случаях им указывают, что вода кипит на вершине Эльбруса уже при 82°C.[1]

В чем же тут дело? Какой физический фактор вмешивается в явление кипения? Какое значение имеет высота над уровнем моря? Этим физическим фактором является давление атмосферы, действующее на поверхность жидкости.

Атмосферное давление – это давление, с которым воздух давит на земную поверхность и на все находящиеся на ней предметы.[14]

Атмосферное давление изменяется с высотой и зависит от погодных условий: температуры воздуха и конвекции – перемещения воздушных масс в вертикальном направлении.

Кипение происходит, когда жидкость имеет достаточно энергии, чтобы испариться в любом месте жидкости (не только на поверхности. Против этого выступает атмосферное давление, давящее на поверхность, которое разрушает пузырьки еще до того, как они успеют вырасти. Чем ниже атмосферное давление, тем меньше энергии требуется для образования стабильных пузырьков, поэтому температура кипения ниже. Вода кипит, когда давление насыщенного пара равно давлению окружающего воздуха. Увеличьте давление окружающей среды, и молекулам воды потребуется больше энергии, чтобы преодолеть изменение состояния. Однако если давление меньше, то воде не нужно набирать столько тепловой энергии, чтобы способствовать испарению.

Атмосферное давление в значительной степени зависит от высоты над уровнем моря.

При небольших подъёмах в среднем на каждые 12 м подъёма атмосферное давление уменьшается на 1 мм рт. ст. (или на 1,33 гПа). С

увеличением высоты над уровнем моря давление падает. Впервые это было выяснено французом Перье по поручению Паскаля в 1648 г. Гора Пью де Дом, около которой жил Перье, была высотой 975 м. Измерения показали, что уровень ртути в торричеллиевой трубке понижается при подъеме на гору на 8 мм. Вполне естественно падение давления воздуха с увеличением высоты. Ведь наверху на прибор уже давит меньший столб воздуха.[1]

На высоте Эльбруса – около 5,6 км – давление упадет примерно вдвое, а на высоте 22 км (рекордная высота подъема стратостата с людьми) давление упадет до 50 мм рт. ст.

Когда мы говорим про давление 760 мм рт. ст. – нормальное, не нужно забывать добавить: «на уровне моря». На высоте 5,6 км нормальным давлением будет не 760, а 380 мм рт. ст.

Методы исследования.

Исследование проводилось с помощью следующих методов, взятых из учебного пособия [13]:

- 1) Наблюдение.
- 2) Описание.
- 3) Измерение.
- 4) Эксперимент:
 - a. С помощью горелки или газовой плиты довести воду до кипения.
 - b. Электронным термометром с щупом для жидкостей замерить температуру кипения воды.
 - c. Замерить высоту с помощью мобильного приложения Elevation v4.7.9 (Высота 4.7.9).
 - d. Замерить атмосферное давление с использованием поверенного Термогигрометра Ива-6А-Д с каналом измерения атмосферного

**давления и/или мобильного приложения Elevation v4.7.9
(Высота 4.7.9).**

5) Сравнение.

Использовались следующие приборы:

- 1) Термогигрометр ИВА-6А-Д – портативное автономное устройство с поверкой для определения состояния атмосферы в жилых, нежилых помещениях, на открытом воздухе. Оно измеряет атмосферное давление, температуру и влажность воздуха. Полученную информацию выводит на ЖК-дисплей. Номер по Госреестру: 46434-11. [12]**
- 2) Термометр электронный с щупом.**
- 3) Плита газовая портативная Следопыт Ручной паук PF-GSP-H03 С горелкой использовался резьбовой газовый баллон Kovea SCREW TYPE GAS KGF-0230. Газовый баллон наполнен высокопроизводительной газовой изопропановой смесью составом: изобутан 85%, пропан 15%. [11] Минимальная температура использования баллона составляет до -20°C, что позволило нам использовать горелку на больших высотах. [11]**

Практическая часть вначале шла гладко. Первый замер мы провели на вершине гор. Машук, встречая рассвет. Горелка загорелась, вода закипела – все получилось, хотя мы немного замерзли. Следующие замеры выполнялись у подножия и на горе Эльбрус. В поселке Терскол воду кипятили на газовой плите в помещении. Дальше мы забирались на гору, чтобы продолжить эксперимент и проверить справедливость гипотезы. И тут все пошло не так, как мы ожидали. Практически все эксперименты прошли ожидаемо, но эксперимент на станции Гара-Баши пошел не по плану. То ли промокла горелка, то ли не работал зажигательный механизм, но горелка отказалась работать. От зажигалки на такой высоте тоже не было толку. Эксперимент был под угрозой срыва. Нам на помощь

пришел спасатель! Спасатели на Эльбрусе не только отвечают за жизнь туристов, но и за успех их экспериментов. Азамат пригласил нас к ним на станцию, где предоставил нам электрочайник. В нем мы получили кипяток и измерили температуру.

Результаты и обсуждение.

Систематизация материалов практической части в таблицах и графиках была проведена с помощью родителей в программе excel. Ниже приведены таблица с замерами и графики.

Таблица №1 Замеры температуры кипения воды на разных высотах:

Дата	Местоположение	Давление (гПа)	Давление (кПа)	Высота (м)	Температура кипения (°С)
25.07.22	г. Санкт-Петербург	1007,4	100,7	9,0	99,2
06.03.22	г. Армавир	993,2	99,3	201,0	97,0
04.02.22	вершина гор. Машук, г. Пятигорск	893,0	89,3	977,5	94,5
31.03.22	вершина гор. Бештау, г. Пятигорск	861,3	86,1	1395,0	93,6
10.02.22	пос. Терскол	781,8	78,2	2126,0	92,0
11.02.22	станция Мир, гор. Эльбрус	662,7	66,3	3451,6	88,2
11.02.22	станция Гара- Баши, гор. Эльбрус	629,4	62,9	3847,0	82,3

Результаты экспериментов были сопоставлены с данными из таблицы физических величин в сборнике задач по физике Перышкина[15] и оказались равновеликими. Что подтверждает правильность выполнения экспериментов.

Таблица №2. Температура кипения $t_{\text{кип}}$ воды при различных давлениях.[15]

Давление		$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Давление		$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
кПа	мм рт. ст		кПа	мм рт. ст	
0,6	4,6	0	70,1	526,0	90
1,2	9,2	10	84,5	634,0	95
2,3	17,5	20	90,7	680,0	96,9
4,2	31,8	30	93,3	700	97,7
7,4	55,3	40	94,7	710	98,1
12,3	92,5	50	96,0	720	98,5
31,1	233,7*	70	97,3	730	98,9
38,5	289,0**	75	98,7	740	99,3
53,7	403,0***	83	100,0	750	99,6
			101,325	760	100,0

* Такое примерно давление атмосферы на вершине самой высокой горы в мире — Эвереста (Гималаи, 8847 м).
 ** Такое примерно давление атмосферы на горной вершине пик Коммунизма — высочайшей вершине Памира (7495 м).
 *** Такое примерно давление атмосферы на вершине горы Казбек (5043 м).

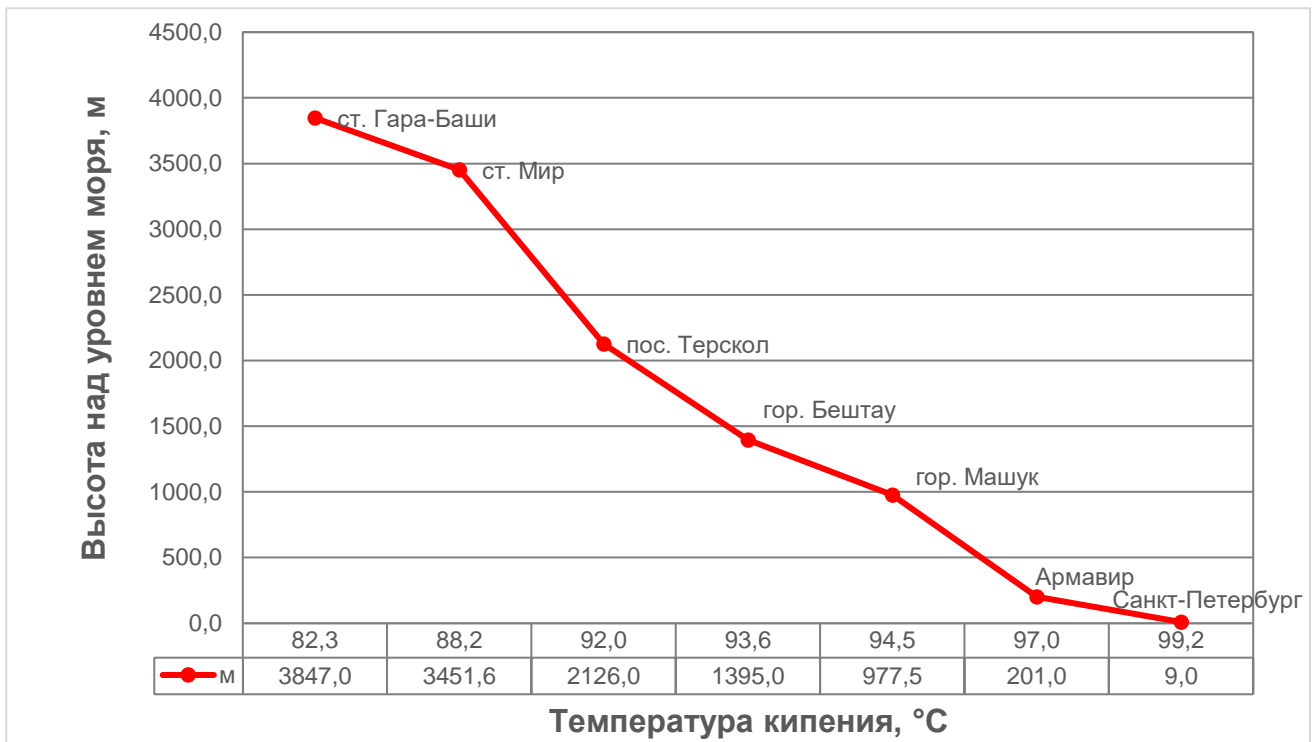


График №1 Зависимость температуры кипения воды от высоты над уровнем моря.

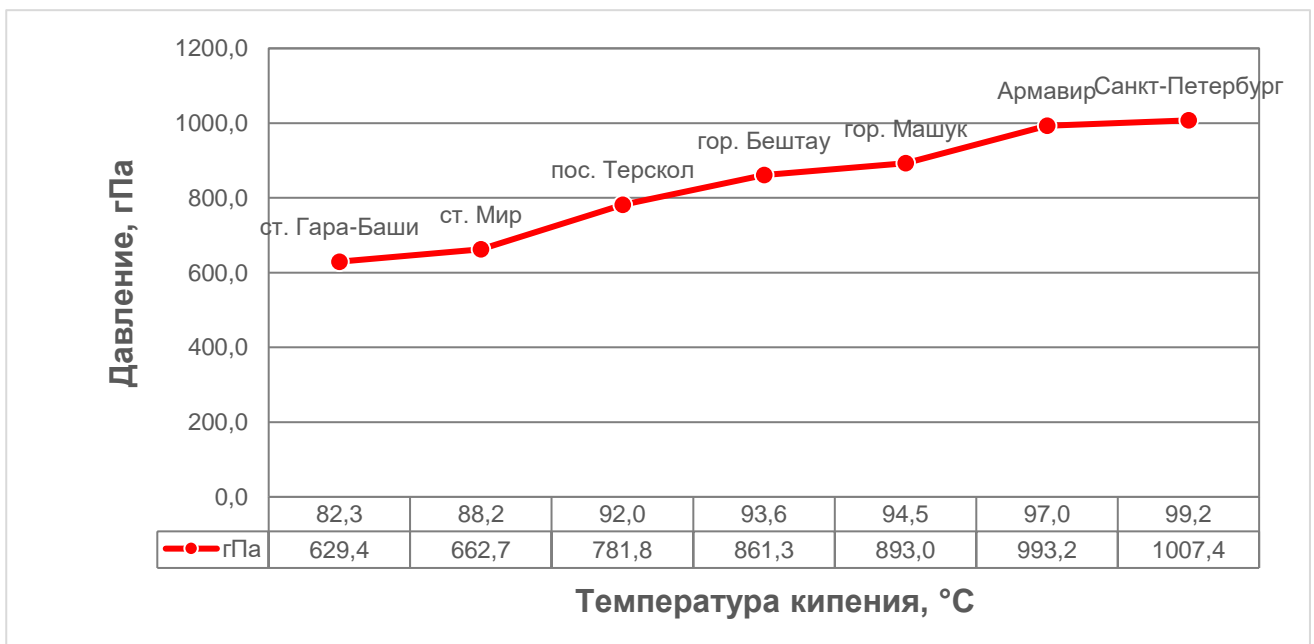


График №2 Зависимость температуры кипения воды от атмосферного давления.

Выводы.

Практическим путем мы подтвердили нашу гипотезу и выяснили, что с ростом давления температура кипения увеличивается, а с уменьшением давления температура кипения соответственно уменьшается.

Снижая давление, температура кипения понижается и можно получить «кипяток», имеющий температуру замерзающей воды. Для этого придется снизить давление до 4,6 мм рт. ст.

Это применяется в технологии приготовления пищи, в технологии бытового и промышленного кондиционирования, в котельном оборудовании.

При производстве сгущенного молока необходимо удалить из натурального молока до 70% воды. Для этого применяют вакуум-аппараты. В них жидкость интенсивно кипит при не прекращающемся размешивании, таким образом лишняя влага быстрее испаряется. В вакуум-аппаратах воду из молока выпаривают в разреженном пространстве при температуре 45...70°C. Аппарат должен быть герметичным и воздух из него удален настолько, чтобы значение атмосферного давления соответствовало требуемой температуре кипения.
[7]

Замораживание с обезвоживанием. В наше время, наиболее популярными методами вакуумной сушки продуктов питания являются: холодная вакуумная сушка при положительной температуре. Эта процедура производится в условиях вакуумной среды, давление которой составляет порядка 4,58 мм рт. ст. Оптимальная температура для такой сушки составляет 4-6 градусов. При соблюдении таких обстоятельств окружающей среды внутри камеры, температура кипения жидкости снижается до 25 градусов, а полное осушение продуктов делается с помощью режима вакуумно-сублимационной сушки, позволяющей

максимально сохранить в продуктах начальный состав витаминов, ферментов, полезных элементов. Более того, сохраняется внешний вид, цвет, вкусовые качества, запах и прочие характеристики продукта. [10]

Принцип готовки в скороварке такой: пар, образующийся при кипении воды, не выходит наружу, а накапливается внутри герметично закрытой емкости. За счет этого давление растет, вода нагревается до температуры выше 100°C , не испаряясь, и продукты готовятся гораздо быстрее. [8]

Список использованных источников и литературы.

1. Ландау Л. Д. Физика для всех. Физические тела. / Л. Д. Ландау, А. И. Китайгородский – М.: Наука, 1978. – 210 с.
2. Никонов А. П. Физика на пальцах. Для детей и родителей, которые хотят объяснять детям. – М.: АСТ, 2016. – 177 с.
3. Перельман Я. И. Занимательная физика: книга 1. – М.: Концептуал, 2020. – 224с.
4. Перышкин А.В. Физика. 8 класс: учебник. – М.: Дрофа, 2019. – 240 с.
5. Присняков В. Ф. Кипение. – Киев: Наук. думка, 1988. – 237 с.

Интернет-ресурсы:

6. Физическое явление, знакомое каждому: кипение воды и его особенности – URL: <https://o-vode.net/kakaya-byvaet/kipyachenaya/kipenie> (дата обращения: 23.08.2022)
7. Технология производства сгущенного молока – URL: <https://sgushhenka.ru/proizvodstvo> (дата обращения: 23.08.2022)
8. Что такое скороварка и что в ней можно приготовить – URL: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-185-multivarki/47686-что-такое-скорovarka-i-что-в-ней-можно-приготовit/?ysclid=l7oee38op1726220970> (дата обращения: 23.08.2022)
9. При какой температуре можно и нужно готовить мясо – URL: <https://natureweight.ru/temperatura-dlya-myasa/> (дата обращения: 23.08.2022)

10. Вакуумная сушка овощей и фруктов – URL: <https://rostovprodukt.ru/2018/05/14/vakuumnaya-sushka-ovoshchej-i-fruktov/> (дата обращения: 23.08.2022)
11. Сайт производитель горелок – URL: <https://sledopit.moscow/> (дата обращения: 20.06.2022)
12. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений – URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/1011261> (дата обращения: 20.06.2022)
13. Методология и методы научного исследования – URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://yspu.org/images/7/79/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%B8_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F.pdf (дата обращения 01.11.2022)
14. ГЕОГРАФИЯ. Урок 09. Атмосферное давление – [URL:https://resh.edu.ru/subject/lesson/7191/conspect/308302/](https://resh.edu.ru/subject/lesson/7191/conspect/308302/) (дата обращения 01.11.2022)
15. Сборник задач по физике: 7-9 кл.: к учебникам А.В. Перышкина и др. – [URL:http://vip8082p.vip8081p.beget.tech/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87_%D0%BF%D0%BE_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B5_7-9%D0%20%D0%BA%D0%BB._%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%8B%D1%88%D0%BA%D0%B8%D0%BD_%D0%93%D0%94%D0%97/67.2.html](http://vip8082p.vip8081p.beget.tech/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87_%D0%BF%D0%BE_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B5_7-9%D0%20%D0%BA%D0%BB._%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%8B%D1%88%D0%BA%D0%B8%D0%BD_%D0%93%D0%94%D0%97/67.2.html) (дата обращения 01.11.2022)