
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

БРАЙНИКЛ

Выполнила:
Магафурова Карина Игоревна
Учащаяся 7 НТИ класса
МАОУ Лицей №5 Россия, г. Пермь

Руководитель:
Ефимов Сергей Владимирович
преподаватель физики
МАОУ Лицей №5 Россия, г. Пермь

1 ЯНВАРЯ 2023 Г.

МАОУ Лицей №5 Россия, г. Пермь

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
ГЛАВА 1 Природное явление – брайникл	3
1.1 Что такое Брайникл?	3
1.2 История исследования брайникла	7
1.3 В чем таится опасность «ледяного пальца»?	8
ГЛАВА 2 Экспериментальная часть	10
2.1 Расчет концентрации солевых растворов	10
2.2 Брайникл в домашних условиях	14
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	14

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в мире существует множество интересных фактов и явлений. Многие из них еще не до конца изучены. Мне очень нравится все новое и неизвестное. Особенно мое внимание привлекают любые свойства веществ. Именно по этой причине весной 2019 года я занималась исследованием физических свойств воды и ее агрегатными состояниями. Свои выводы и наблюдения я отразила в проекте «Основные физические свойства воды и ее агрегатные состояния».

Темой данной работы я выбрала такое природное явление как брайникл. Брайникл – это очень специфичная форма морского льда, которая образуется при столкновении потока слабосоленой воды с океанической, при этом образуя своеобразную губительную воронку. Северные льды Мирового океана являются на мой взгляд, самыми малоизученными в связи с суровыми погодными условиями. На Севере, как известно всем, очень короткое лето и почти нескончаемая зима. Именно этот факт является основной проблемой, так как дает очень мало времени ученым для работы. Первым океанографом, описавшим брайникл, считают Силье Мартина.

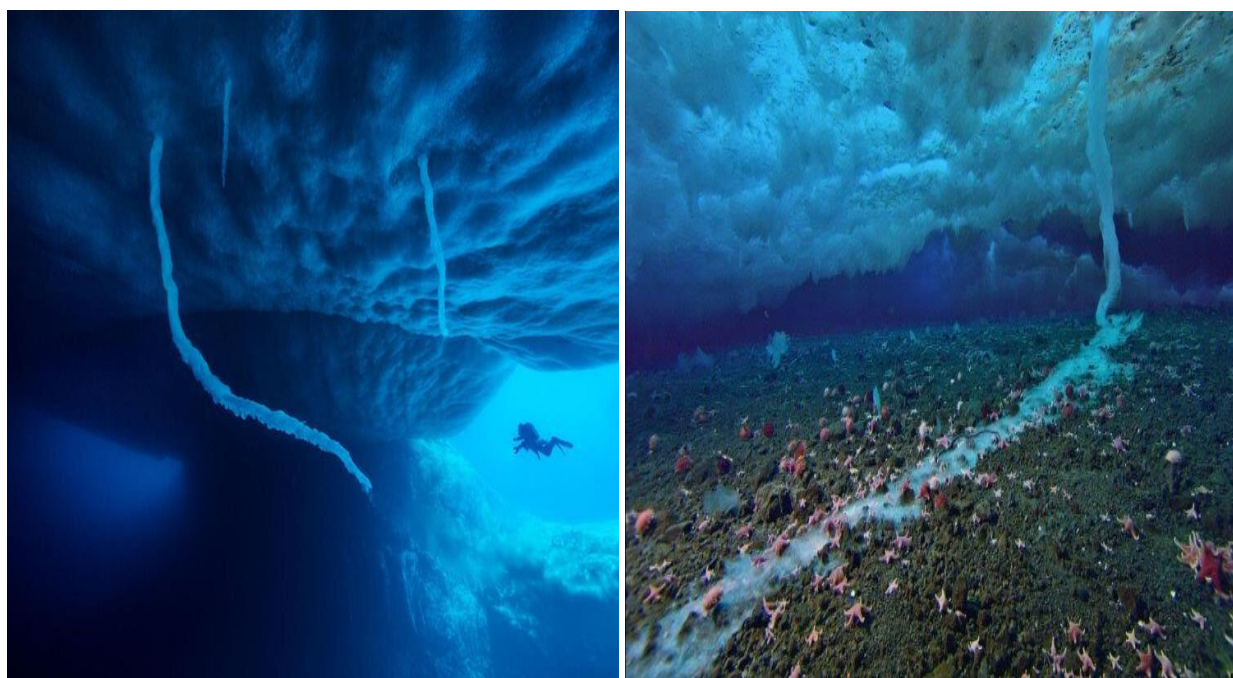
Целью работы считаю изучение всех аспектов, связанных с выбранным природным явлением. Тема интересна еще тем, что дает возможность интеграции школьных предметов, таких как биология, химия, физика и география.

ГЛАВА 1

1.1 Природное явление - брайникл

Наверное, каждый из нас слышал или даже может видел такое явление как сталактиты и сталагмиты, которые представляют собой огромные сосульки, свисающие с потолка глубоких пещер или же наоборот, нарастающих на дне каменистых пород. Похожее явление можно встретить и на дне океана. Как раз оно и называется – брайникл. Это безусловно очень красивое и завораживающее явление, так как бывает только на крайнем Севере ,где температура воздуха очень низкая.

Брайникл (англ. brinicle, от brine — рапа и icicle — сосулька; ice stalactite) — специфическая форма морского льда, образующаяся при столкновении потока слабосоленой (3—5 ‰) ледяной воды с более солёной океанской (рис.1.1)



(рис.1.1)

Иногда такие наросты при благоприятных условиях могут становиться гигантских размеров и достигать морского дна. Мне необходимо разобраться, что значит благоприятные условия для брайникла и как они образуются.

Из курса физики известно одно очень важное свойство воды, а именно чем соленее вода, тем ниже температура ее замерзания. Обычная пресная вода, которая течет у каждого из нас дома замерзает при температуре 0 градусов, так как в ней нет никаких примесей. Морская вода является более соленой, и она замерзает уже при температуре -2 градуса. Таким образом становится понятно, что плотность соленой воды и пресной разная.

Что же такое плотность воды? Плотность вещества определяется как отношение его массы к занимаемому этим веществом объему и обозначается греческой буквой ρ

$$\rho = m/V$$

где m — масса и V — объем.

Плотность пресной воды при 4 °C равна 1 г/см³. Это максимальная плотность воды. Она падает до 0.994 г/см³ при 35 °C в поверхностном слое воды. Плотность воды изменяется с изменением давления и температуры. При увеличении давления плотность всегда растет. Например, плотность воды на глубине 10 км равна 1038 кг/м³. В то же время, плотность воды увеличивается при изменении температуры от 0 °C до 4 °C и уменьшается при повышении температуры выше 4 °C.

Плотность морской воды выше, чем пресной из-за растворенных в ней солей. Средняя плотность воды в океане составляет 1027 кг/м³. Эта величина может изменяться из-за изменений температуры и солёности в различных слоях морской воды. Менее плотная вода находится выше слоёв воды с большей плотностью. Иногда случается, что очень теплый слой воды с высокой солёностью плавает на холодном слое с низкой солёностью, так как этот слой имеет более высокую плотность. Плотность солёной воды можно определить по известным температуре, давлению и солёности. Мы знаем, что температуру можно измерить термометром, а давление — манометром. Измерение же

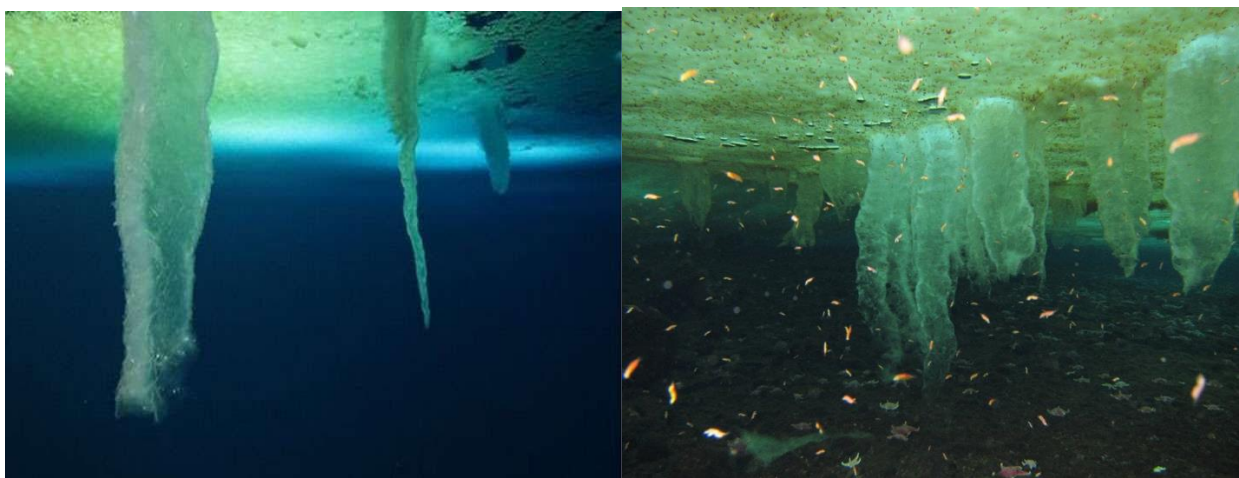
солёности, то есть полной концентрации растворенных в воде солей, является более сложной задачей.

Теперь, когда мы разобрались с основными физическими аспектами, мы можем рассмотреть формирование брайниклов в природе. Итак, при замерзании соленой воды соли встраиваются в кристаллическую решётку с большим трудом, поэтому большая часть солей остается в растворе. Лед из морской воды менее соленый, чем вода, из которой он возник. Именно поэтому морской лед очень пористый, похожий на губку, и этим довольно сильно отличается от твердого льда, образующегося из пресной воды.

По мере того, как морская вода замерзает и соль вытесняется из кристаллической решётки чистого льда, вода вокруг становится более солёной. Это понижает температуру замерзания и повышает её плотность. Низкая температура замерзания означает, что окружающая вода не сразу становится льдом, а более высокая плотность означает, что она начинает тонуть. Так в кризисе возникают крошечные туннели, так называемые «каналы рапы» (англ. *brine channels*), а экстра солёная переохлаждённая вода тонет в холодной чистой воде. Если каналы распределены относительно равномерно, то ледяная сосулька растёт вниз также равномерно. А как только этот переохлаждённый рассол достигает слоя морской воды под льдом, это приводит к образованию дополнительного льда.

Брайникл представляет собой трубку из тонкого льда, которая стремится вниз ко дну, начинаясь под слоем морского льда. Внутри этой трубки находится очень холодная и соленая вода, которую брайникл потихоньку берет из толщи морского льда, находящегося над ним. Сначала лед такой трубки очень тонкий и его стенки очень хрупкие, но постоянный поток холодного рассола постепенно наращивает свою массу и не дает расплавиться от контакта с менее холодной водой вокруг его каналов. Если в воде растворено совсем большое количество соли, её температура замерзания может достигать даже -20°C . Такие растворы называются «рапа».

Есть еще одно важное свойство воды-при замерзании большая часть содержащейся в ней соли выделяется из образующегося льда. По мере образования льда та вода, которая ещё не успела замёрзнуть, становится всё более и более солёной. В результате, в какой-то момент эти остатки незамёрзшей воды становятся настолько солёными, что при этой температуре уже не могут превратиться в лёд. В океане на поверхности воды образуется морской лёд, из которого выделяется концентрированный солевой раствор- рапа. Она скапливается в маленьких пустотах внутри льда, оставаясь всегда жидкой из-за повышенного содержания солей, а значит понижена температура ее замерзания. Когда рапа, находящаяся на поверхности льда, находит трещину, то естественным путем начинает эту трещину заполнять и таким образом вытекает в океан. И вот тут начинается всё самое интересное. Чем больше в воде растворено солей, тем большую плотность она имеет. А более плотное всегда тонет в менее плотном. Поэтому наша насыщенная солями рапа начинает “тонуть” — опускаться на дно (рис. 1.2).



(рис1.2)

Теперь надо вспомнить, что рапа хоть и жидкая, но температуру имеет такую, при которой морская вода уже замерзает (ведь образовалась рапа именно при замерзании морской воды). Получается, что более холодная рапа опускается в более тёплую морскую воду и, опускаясь, естественно, немного охлаждает её. Температура воды вокруг рапы быстро достигает температуры замерзания - и вокруг рапы образуется лёд. Из этого льда может тоже выделяться концентрированный соляной раствор, который затем присоединяется к общей массе тонущей холодной рапы. Рапа

продолжает тонуть, морская вода продолжает вокруг неё замерзать. В результате и образуются наши” сосульки”. Только теперь мы понимаем, что правильнее называть их трубками - если снаружи у этой трубки лёд, то внутри неё течёт солёный раствор. Итак, теперь мы сможем сделать вывод, что благоприятными условиями для формирования брайниклов являются:

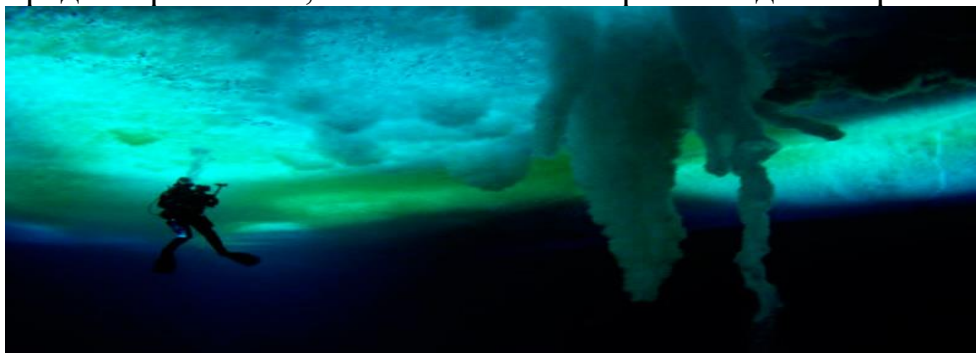
- ❖ стабильный ледяной покров
- ❖ постоянное поступление экстра солёной и очень холодной воды
- ❖ окружающая вода должна быть гораздо менее соленой, чем рапа
- ❖ очень низкая скорость течения

Только при таких условиях сможет сформироваться брайникл.

1.2 ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БРАЙНИКЛА

Брайникл в переводе с английского означает «морская сосулька». Об этом природном и удивительном явлении довольно мало известно, так как оно происходит в холодных, покрытых льдом условиях на территории Мирового океана. Напоминаю, что соленая холодная вода особым образом контактирует с глубинной, в следствии чего и появляется брайникл.

Многие исследователи океанов называют этот процесс «локальным ледниковым периодом». Подводные сосульки имеют вид растущих образований, которые в свою очередь могут быть прямыми или же причудливо изогнутыми. Они очень хрупкие и могут расколоться даже от легкого прикосновения. Для человека брайниклы не опасны. Аквалангисты, которые проводили исследования в антарктических водах обязательно должны соблюдать меры предосторожности, чтобы избежать переохлаждения организма(рис1.3).



(рис1.3)

Первые сведения, подтверждающие существования морских сталактитов, которые мне удалось найти, датируются в 1960 году. А в 1974 году Силье Мартин

- исследователь океанов, подробно описал ледяные объекты и процесс их формирования. Впервые удалось записать на камеру рост брайникла только в 2011 году. Произошло это в Антарктиде около острова Росса (рис 1.4). Тогда операторами были Хью Миллер и Дуг Андерсон, которые собирали материал для канала BBC «Ледяная планета». Съёмочная группа с изумлением наблюдала, как палец смерти нарастал со скоростью 30 см в час. При такой скорости роста «ледяной палец» смог достигнуть морского дна за три часа, убив при этом всех попавших в него живых существ. Из-за такого смертоносного воздействия Хью Миллер и назвал морские сосульки «пальцем смерти». Благодаря работе команды BBC, теперь каждый из нас может наблюдать из видео завораживающий процесс роста брайникла.



(рис.1.4)

1.3.В ЧЕМ ТАИТЬСЯ ОПАСНОСТЬ «ЛЕДЯНОГО ПАЛЬЦА»

В своем докладе я уже не раз упоминала о том, что брайниклы или же «ледяные пальцы» таят в себе смертельную опасность. Исследователи, которые занимаются изучением рассматриваемого природного явления, вынуждены использовать специальные костюмы, помогающие им избежать переохлаждения. Только при строгом соблюдении мер безопасности и защитного обмундирования брайникл не нанесет вред человеческому организму. Что же касается морских обитателей, то тут проблема намного серьезней. Напоминаю, что при определенных условиях брайникл может достигнуть морского дна. Для того чтобы это произошло необходимо:

- лёд, к которому сверху прикрепляется брайникл, не успел растаять;
- в морской воде не было сильных течений, которые сломают трубку;
- море в этом месте было не очень глубоким;
- морская вода была намного менее солёной, чем рапа (если разница между двумя жидкостями будет небольшой, вскоре они просто смешаются, и процесс образования брайникла прекратится).

Если же все условия соблюдены, то брайникл достигает морского дна и становится настоящей угрозой для морских обитателей. Оказавшись вблизи потока рапы, они вместе с окружающей водой могут заледенеть и погибнуть от холода. Чаще всего оказываются в ледяной ловушке малоподвижные морские звёзды и морские ежи. Они слишком поздно замечают опасность — и передвигаются слишком медленно, чтобы успеть от неё спастись. Рапа, опустившись на дно, начинает вести себя, как и любая жидкость, пролитая на твердую поверхность, т.е. течет вниз по склону (один из физических законов жидкостей). Она является намного холоднее, чем окружающая ее вода, и, следовательно, автоматически продолжает охлаждать морскую воду, при этом замораживая ее. Таким образом на дне моря образуется ледяная река(рис.1.5). Все морские обитатели, имеющие очень низкую скорость передвижения – замерзают. В этом и таится опасность «ледяного пальца» для морских обитателей. Когда рапа постепенно нагревается от морской воды, перемешиваясь с ней, то лед со временем прекращает образовываться. Если новая рапа с поверхности не поступает, то тот лёд, который уже образовался, постепенно растает, что и будет концом жизни брайникла.



(рис 1.5)

ГЛАВА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ

Из теоретической части нашей работы мы узнали, что такое пресная вода, морская вода и рапа, а также нам известно, чем они отличаются друг от друга.

Из курса физики известно одно очень важное свойство воды, а именно чем соленее вода, тем ниже температура ее замерзания. Обычная пресная вода, которая течет у каждого из нас дома замерзает при температуре 0 градусов, так как в ней нет никаких примесей. Морская вода является более соленой, и она замерзает уже при температуре -2 градуса. Таким образом становится понятно, что плотность соленой воды и пресной разная.

В экспериментальной части я хочу постараться создать растворы морской воды и рапы, а также поместить эти жидкости в условия минусовой температуры и понаблюдать за какой период они замерзнут. После этого мне необходимо будет создать условия, приближенные к условиям крайнего севера и при помощи получившихся растворов морской воды и рапы постараться вырастить брайникл.

Итак, первым делом, я хочу обратить свое внимание на пресную воду, ведь более двух трети земли покрыто пресной водой. Из научных источников я узнала, что совершенно пресной воды в природе не существует. Даже в дождевой воде содержится 1 грамм соли на 30 кг воды. Именно такую воду называют пресной. Она составляет только 3%на всей Земле, и замерзает при температуре 0 градусов. Для того чтобы имитировать пресную воду в домашних условиях нам достаточно будет воспользоваться водой, пригодной для бытовых нужд. Далее я наливаю в стеклянную емкость воду и оставляю ее для замерзания в морозильную камеру и наблюдаю, не забывая при этом засечь время. Через 1.5 часа я замечаю, что на поверхности воды появился тонкий слой льда, а еще через 8 часов вода вся замерзла (рис. 2.1)



(Рис.2.1)

Теперь мне необходимо постараться создать морскую воду в домашних условиях. Морская вода- это вода морей и океанов. Соленость всего мирового океана составляет 3,47% с небольшими колебаниями. Это значит, что в каждом литре морской воды содержится приблизительно 35 граммов морской соли. (рис.2.2)



(Рис.2.2)

Теперь для того, чтобы сделать в домашних условиях раствор, похожий на раствор морской воды нам необходимо смешать 35грамм морской соли и 965 грамм воды. Таким образом, у нас получится имитированный раствор морской воды, который мы поместим в морозильную камеру с температурой примерно - 2 градуса и посмотрим, через какое время этот раствор замерзнет (рис2.3).

Также следует отметить, что соленый вкус морской воде придает хлористый натрий, а горький привкус- хлористый и серноокислый магний.



(рис.2.3), (рис.2.4)

Далее мне необходимо приготовить в домашних условиях рапу. Рапа представляет собой очень насыщенный раствор соли, который встречается не только в водоемах, но и глубоко в недрах земли. Для того, чтобы приготовить раствор, напоминающий по составу рапу в домашних условиях нам необходимо смешать один литр (1000 грамм) пресной воды и 300 грамм морской соли. (рис2.4) Теперь этот раствор поместим в морозильную камеру, где температура воздуха -24 градуса, а затем оценим результат. Для того, чтобы точно соотношение веществ было точным, я использовала кухонные электронные весы. Через несколько часов рапа стала в морозильной камере подмерзать, при этом образуя желеобразную массу. Таким образом, мы удостоверились, что температура замерзания рапы гораздо ниже, чем мы имеем в данный момент в морозильной камере.

2.2 БРАЙНИКЛ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

После того, как я изучила теоретическую часть своей работы, считаю возможным заняться моим основным опытом- попробовать создать условия и

вырастить брайникл. Напоминаю, что брайникл растет только, если выполняются следующие условия;

- А) имеется стабильный ледяной покров,
- Б) постоянное поступление рапы,
- В) окружающая вода должна быть менее соленой, чем рапа,
- Г) низкая скорость течения.

Для того чтобы попытаться вырастить брайникл мне необходимо взять заранее приготовленные растворы (морской воды и рапы). Поместить раствор морской воды в емкость и оставить на холоде, для образования устойчивого ледяного покрова. Как только образуется устойчивый ледяной покров на верху емкости с морской водой, то необходимо обеспечить медленное и постоянное поступление рапы. Предположительно температура окружающей среды должна быть не менее -36 градусов. Далее необходимо оценить результат и сделать выводы. Я дождалась соответствующих погодных условий (за окном -32градуса) и продолжила свой эксперимент. В емкости с морской водой я дождалась устойчивого, на мой взгляд, ледяного покрова и постаралась обеспечить стабильное поступление на поверхность льда холодной, близкой к замерзанию, рапы(рис.2.5)



рис.2.5

К сожалению, мой эксперимент по выращиванию брайникл не увенчался успехом. Я, конечно, немного расстроилась! Но, благодаря проделанной работе я смогла сделать следующий вывод.

Брайникл – это очень специфичная форма морского льда, которая образуется при столкновении потока слабосоленой воды с океанической, при этом образуя своеобразную губительную воронку и поскольку это уникальное природное явление, то повторить его в домашних условиях крайне сложно. Необходимо не только точно рассчитать концентрацию солевых растворов, но и также учитывать температуру окружающей среды, плотность ледяного покрова, обеспечить правильное и точное поступление рапы в место предполагаемого роста брайникла. Очевидно, что в моем случае я допустила некоторые неточности, которые и привели к отрицательному результату эксперимента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день в мире существует множество интересных фактов и явлений. Многие из них еще не до конца изучены. К таким явлениям и относится брайникл. В начале своей работы я поставила себе задачу изучить такое природное явление, как брайникл.

Целью данного исследования было попытаться вырастить в домашних условиях брайникл, создав при этом благоприятные условия для его роста. К сожалению, в практической работе были допущены некоторые неточности, что и привело к отрицательному результату эксперимента. Я, конечно, немного расстроилась, но свою работу считаю законченной, так как воссоздать идеальные условия для роста брайникла в домашних условиях у меня не представляется возможным. Ведь брайникл – это уникальное природное явление, которое можно встретить только в Мировом океане, где очень суровые погодные условия, а не умеренная климатическая широта, где я проживаю.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1.Барер, Д.Дж. 1966 Метод точного измерения малых скоростей жидкости . Дж. Жидкостная механика.26,573 . [Google Scholar](#)
- 2.Карслоу Х.С. и Джагер Дж.К. 1959 Теплопроводность *твердых* тел. Издательство Оксфордского университета.
- 3.Дейтон , П.К. и Мартин , С. 1971 Наблюдения за ледяными сталактитами в проливе Мак-Мердо, Антарктида . Дж. Геофиз. Рез. 76 , 1595 . [Google Scholar](#)

Эйде Л.И. и Мартин С. 1974 г. Формирование особенностей дренажа рассола в молодом морском льду. Представлено J. Glaciol. [Google Scholar](#)

4. Физика .7 класс: учебник/А.В .Перышкин.-4изд., стереотип.-М.Издательство «Экзамен», 2022.-240 с.

5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BB>

6. <https://dzen.ru/media/id/5e6a4d5df4235c367b771d94/cto-takoe-brainikl-6148b50e25fff8285100c7fa>