



Странность воды, которая спасает рыбу

Почему лёд не тонет, хотя он твёрдый и холодный



Физика · 8–12 лет · 9 минут

Почти все вещества при замерзании становятся плотнее и тонут в самих себе. Вода поступает наоборот: её лёд легче жидкости и плавает. Эта странность и спасает жизнь в зимних озёрах.

Простая несправедливость

Брось в ведро с водой камень — утонет. Гвоздь — утонет. Ложку — утонет. Кубик льда — будет плавать.

Но лёд же твёрдый и холодный! Он вообще-то и есть та самая вода, только замёрзшая. Почему он не тонет в самом себе?

Этот вопрос не такой мелкий, как кажется. Вода в этом смысле — редкая чудачка: почти все вещества на свете, застывая, становятся тяжелее и тонут в собственной жидкости. Расплавленный воск, металл, парафин — все тонут. Вода — нет.

И благодаря этой чудачковости в зимних озёрах остаётся жизнь. Но сначала разберёмся, почему вообще что-то плавает.

Кто решает: тонуть или плыть

Распространённая ошибка — думать, что тонет тяжёлое, а плавает лёгкое. Это неправда: огромный морской паром весит десятки тысяч тонн и не тонет, а маленький болтик идёт ко дну.

Дело не в весе, а в **плотности** — в том, сколько вещества умещается в одном и том же объёме.

Плотность

Сколько килограммов вещества помещается в один и тот же объём. Кубик железа и такой же по размеру кубик пенопласта — одинаковой величины, но железа в кубике гораздо больше, у него выше плотность. Правило простое: если плотность тела меньше плотности жидкости, тело всплывает; если больше — тонет.

Плотность воды — примерно 1000 килограммов в кубометре, то есть литр воды весит килограмм. Дерево плотнее воздуха, но легче воды — плавает. Камень плотнее воды — тонет.

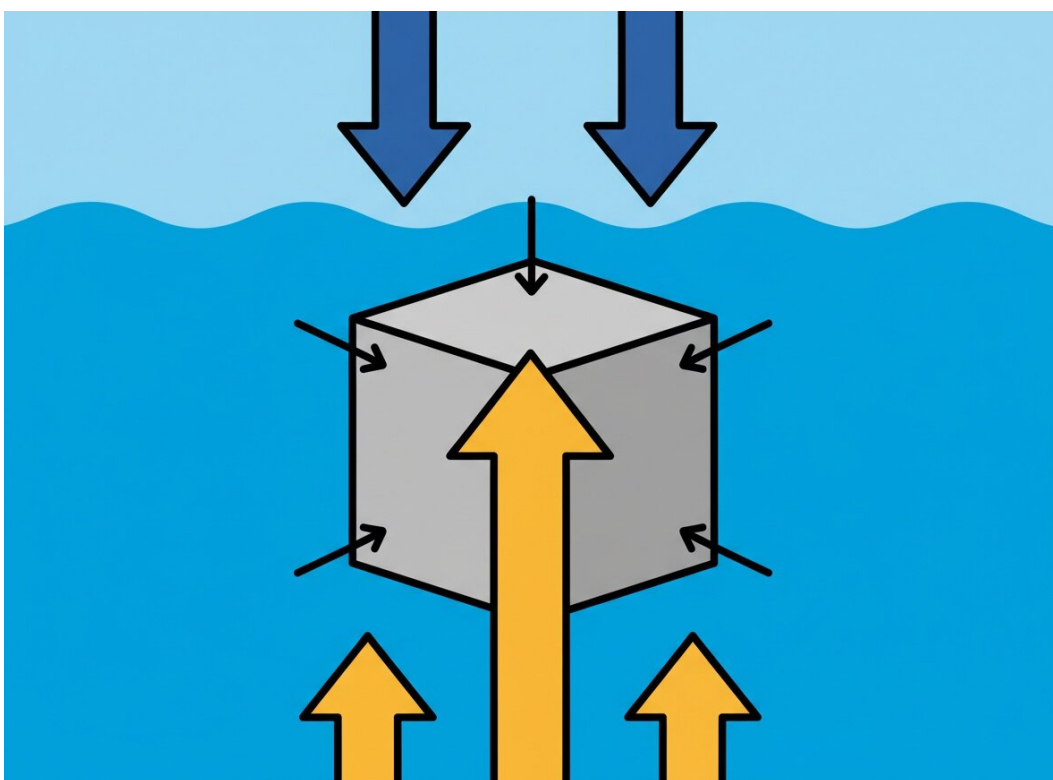
А паром? Он железный, но внутри у него огромные пустые объёмы с воздухом. Если посчитать весь корабль целиком — вместе с воздухом внутри, — получится плотность гораздо меньше воды. Поэтому он плы-

вёт. Как только в пробоину зальётся вода и вытеснит воздух, средняя плотность вырастет — и корабль пойдёт ко дну.

Откуда берётся выталкивающая сила

Почему лёгкое вообще всплывает? Из-за давления воды.

Вода давит на всё, что в неё погружено, со всех сторон. Но давление растёт с глубиной: чем глубже, тем больше воды над тобой, тем сильнее она прижимает. Ты это чувствовал ушами, ныряя на дно.



Вода давит на погружённое тело снизу сильнее, чем сверху, — так рождается выталкивающая сила

Значит, на **нижнюю** сторону погружённого предмета вода давит сильнее, чем на верхнюю. Боковые давления взаимно уравниваются, а разница между «снизу» и «сверху» остаётся. Она-то и толкает предмет вверх.

Эту силу открыл греческий учёный Архимед примерно две с половиной тысячи лет назад и сформулировал коротко: **тело выталкивается с силой, равной весу вытесненной им жидкости**.

То есть если твоя льдина раздвинула собой три килограмма воды, вода толкает её вверх с силой в три килограмма веса. Если сама льдина весит меньше — она всплывёт, пока не погрузится ровно настолько, чтобы вытеснить свои собственные три килограмма.

Девять десятых айсберга не видно

Плотность льда — около 917 килограммов в кубометре, воды — около 1000. Разница примерно 9 процентов, и ровно столько от объёма льдины торчит над водой. Всё остальное — почти девять десятых — скрыто под поверхностью. Отсюда и выражение «верхушка айсберга». В морской воде, которая чуть плотнее пресной, над поверхностью остаётся чуть больше — но всё равно меньше десятой части.

Почему лёд легче воды

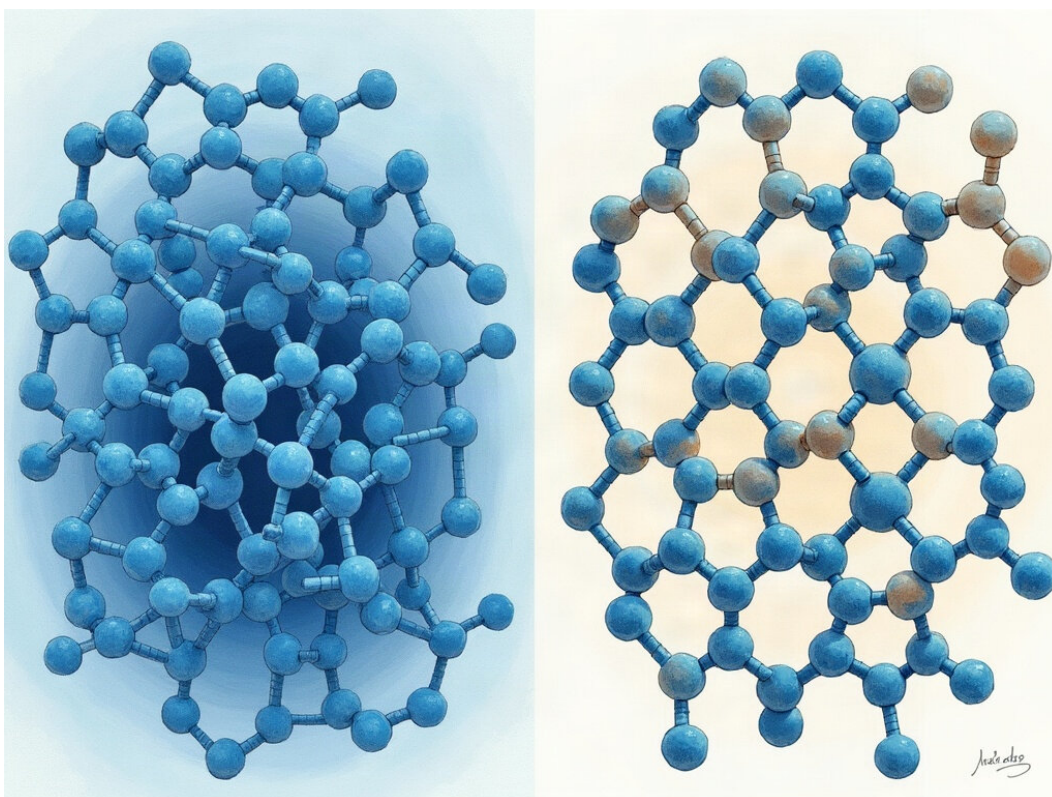
Теперь к главной странности. Почему при замерзании вода расширяется, а не сжимается?

Обычно всё наоборот. Когда вещество остывает, его частицы двигаются медленнее и сбиваются теснее. Объём уменьшается, плотность растёт, твёрдое тонет в жидком.

У воды особые молекулы. Каждая похожа на маленький уголок: в середине атом кислорода, по бокам два атома водорода. Из-за этой формы у молекулы один край чуть «плюсовой», другой чуть «минусовой», и молекулы притягиваются друг к другу этими краями — цепляются, как магнитики.

В жидкой воде молекулы всё время сцепляются и расцепляются, толкаются и проскальзывают мимо друг друга. Они лежат довольно плотно, хоть и беспорядочно.

А когда вода замерзает, движения не хватает, чтобы разрывать связи. Молекулы фиксируются и выстраиваются в строгую **шестиугольную решётку** — и в этой решётке между ними остаются пустоты. Моле-



Замерзая, молекулы воды выстраиваются в решётку с пустотами и занимают больше места

кулы держатся друг от друга на «вытянутых руках» вместо того, чтобы сбиваться в кучу.

Из-за пустот тот же самый набор молекул занимает больше места. Объём вырастает примерно на 9 процентов, а плотность на столько же падает. Отсюда и плавучесть.

Кстати, шестиугольная решётка — причина того, что снежинки шестилучевые. Форма решётки проступает наружу.

Расширяющийся лёд всё ломает

Эти 9 процентов — не мелочь. Вода при замерзании расширяется с огромной силой, и остановить её почти невозможно.

- Забытая в морозилке стеклянная бутылка с водой лопается.

- Вода, затёкшая в трещину скалы, за зиму разрывает камень. Так горы постепенно превращаются в щебень.
- Замёрзшая труба рвётся, и весной дом заливает.
- Асфальт покрывается ямами, потому что вода замерзает в его мелких щелях.

Проверить силу этого расширения можно дома — безопасно и наглядно.

Лёд занимает больше места

1. Налей воду в пластиковый стаканчик примерно на две трети и маркером или полоской скотча отметь уровень.
2. Поставь в морозилку на несколько часов. Не бери стекло и не закрывай крышку плотно.
3. Достань и посмотри: лёд поднялся выше отметки. Часто он даже вспучивается горкой посередине.
4. Теперь брось кубик льда в стакан с водой и отметь, какая часть торчит над поверхностью. Прикинь на глаз: похоже ли это на одну десятую?
5. Дополнительно: сравни, как ведёт себя в воде кусочек застывшего воска или парафина от свечки, — он утонет в расплавленном воске, потому что ведёт себя «нормально», не как вода.

Что было бы, если бы лёд тонул

Представь, что вода — обычное вещество и лёд тонет.

Осенью озеро остывает сверху. Ледяная корка образуется на поверхности — и сразу же идёт ко дну. Освободившаяся поверхность замерзает снова, и новый лёд тоже тонет. Так повторяется всю зиму, пока озеро не промёрзнет **до самого дна** — сплошным куском.

Всё живое в нём погибло бы. А летом солнце прогрело бы только верхний слой: толща льда на дне не растаяла бы за короткое лето, и с каждым годом её становилось бы больше. Реки, озёра и, возможно, целые океаны превратились бы в ледяные глыбы.

В нашем мире всё иначе. Лёд остаётся сверху и работает крышкой: он плохо проводит тепло, а сверху его ещё и накрывает снег, который



Ледяная крышка держит тепло, и подо льдом озеро остаётся живым

держит тепло не хуже пухового одеяла. Под этой крышкой вода остаётся жидкой и держит температуру около +4 градусов у дна.

Почему именно +4? Это ещё одна странность воды: она плотнее всего не при нуле, а при +4 градусах. Самая тяжёлая вода опускается на дно, и рыбы зимуют именно там.

Вода выгибается вниз при +4

Если медленно охлаждать воду, она сначала сжимается, как положено, но при +4 градусах останавливается и начинает расширяться обратно. Учёные называют это аномалией плотности воды. Такое поведение встречается и у некоторых других веществ — например, у висмута и кремния, — но именно у воды оно важнее всего для жизни на планете.

Главное в трёх строчках

- Плавает не лёгкое, а то, у чего плотность меньше плотности жидкости; вода выталкивает тело с силой, равной весу вытесненной воды.
- Замерзая, вода выстраивает молекулы в решётку с пустотами и расширяется примерно на 9 процентов — поэтому лёд легче воды и плавает, показывая над поверхностью лишь десятую часть.
- Плавающий лёд накрывает водоёмы крышкой и не даёт им промёрзнуть до дна, благодаря чему подо льдом зимует живность.

Вопросы для размышления

- Кубик льда плавает в полном до краёв стакане воды. Перельётся ли вода через край, когда лёд растает?
- Почему в солёной морской воде плавать легче, чем в озере?
- Подводная лодка умеет тонуть и всплывать по желанию. Что именно она для этого меняет?