



Почему гвоздь ржавеет, а золотое кольцо нет

Как кислород медленно съедает металлы и почему некоторым из них всё равно



Вещество · 8–12 лет · 9 минут

Ржавчина — это не грязь и не болезнь железа, а новое вещество: железо, соединившееся с кислородом и водой. Почему алюминий до кислорода жаднее железа, но не ржавеет, почему золото не портится тысячи лет и как люди научились защищать металл.

Гвоздь во дворе и кольцо в шкатулке

Оставь железный гвоздь на улице под дождём. Через неделю он покроется рыжими пятнами, через месяц — коростой, через год начнёт крошиться.

А теперь возьми золотое кольцо. Его можно ронять в лужу, забывать в кармане, закапывать в землю — оно останется жёлтым и блестящим. Золотые украшения, которые пролежали в египетских гробницах три тысячи лет, достают из земли практически такими же, какими их туда положили.

Почему одному металлу всё равно, а другой разваливается? Дело не в прочности: железо намного твёрже золота. Дело в жадности до кислорода.

Ржавчина — это не грязь

Первое, что стоит понять: ржавчина не садится на железо сверху, как пыль. Ржавчина **и есть** железо — просто уже соединившееся с кислородом и водой.

Атомы железа отдают свои электроны атомам кислорода, сцепляются с ними, и получается новое вещество — оксид железа, рыжий и рыхлый. Металла становится меньше, ржавчины больше. Гвоздь, который «проржавел насквозь», не покрылся ржавчиной — он в неё превратился.

Проверить это можно взвешиванием: ржавый гвоздь **тяжелее**, чем был до ржавления, потому что к железу присоединился кислород из воздуха. Люди долго не могли в это поверить: как может испорченная вещь стать тяжелее?

Окисление

Так называют соединение вещества с кислородом. Горение — быстрое окисление, ржавление — очень медленное. И то и другое выделяет тепло, только у ржавчины его так мало и растянуто оно так надолго, что заметить невозможно. Но если железные опилки смочить и насыпать в термос, температура внутри поднимется на несколько градусов — на этом работают химические грелки для рук.

Почему ржавчина не останавливается

Вот главная беда железа. Когда ржавчина образуется, она получается **рыхлой и пористой**. Она набухает, трескается и отваливается хлопьями, открывая кислороду свежий металл.



Ржавчина рыхлая и отваливается, открывая кислороду следующий слой железа

И всё повторяется. Слой за слоем, пока от предмета ничего не останется. Железу нужна вода: в сухом воздухе гвоздь может пролежать очень долго. Поэтому в пустынях старое железо сохраняется гораздо лучше, чем на морском берегу, где влажно, а соль в воздухе ускоряет процесс в несколько раз.

Люди теряют железо быстрее, чем выплавляют

По оценкам исследователей, из-за коррозии человечество теряет около пятой части всего производимого железа. Ржавчина ест мосты, корабли, трубы и машины круглосуточно, а расходы на борьбу с ней во всём мире оцениваются в триллионы рублей в год. Именно поэтому краска и оцинковка — не про красоту, а про экономику.

Хитрость алюминия

Теперь странность. Алюминий по отношению к кислороду **даже жаднее железа** — химик сказал бы, что он активнее. По этой логике алюминиевая ложка должна была бы рассыпаться за неделю. Но алюминиевые банки, оконные рамы и самолёты годами стоят на улице и ничего.

Разгадка в том, какой получается «ржавчина».

Алюминий действительно мгновенно окисляется — за доли секунды после того, как металл соприкоснулся с воздухом. Но оксид алюминия получается плотным, прозрачным и очень прочным. Он ложится на поверхность сплошной плёнкой толщиной в несколько миллионных долей миллиметра и намертво перекрывает кислороду дорогу к металлу.

Дальше процесс останавливается сам собой. Ты никогда не видел «чистого» алюминия — только эту плёнку.

То же самое делает медь, только медленнее и заметнее: она покрывается зеленоватой коркой, которая тоже защищает металл. Позеленевшие медные крыши старых зданий стоят по сто лет и не собираются разрушаться.



Алюминий мгновенно покрывается тончайшей плёнкой и прячется под ней

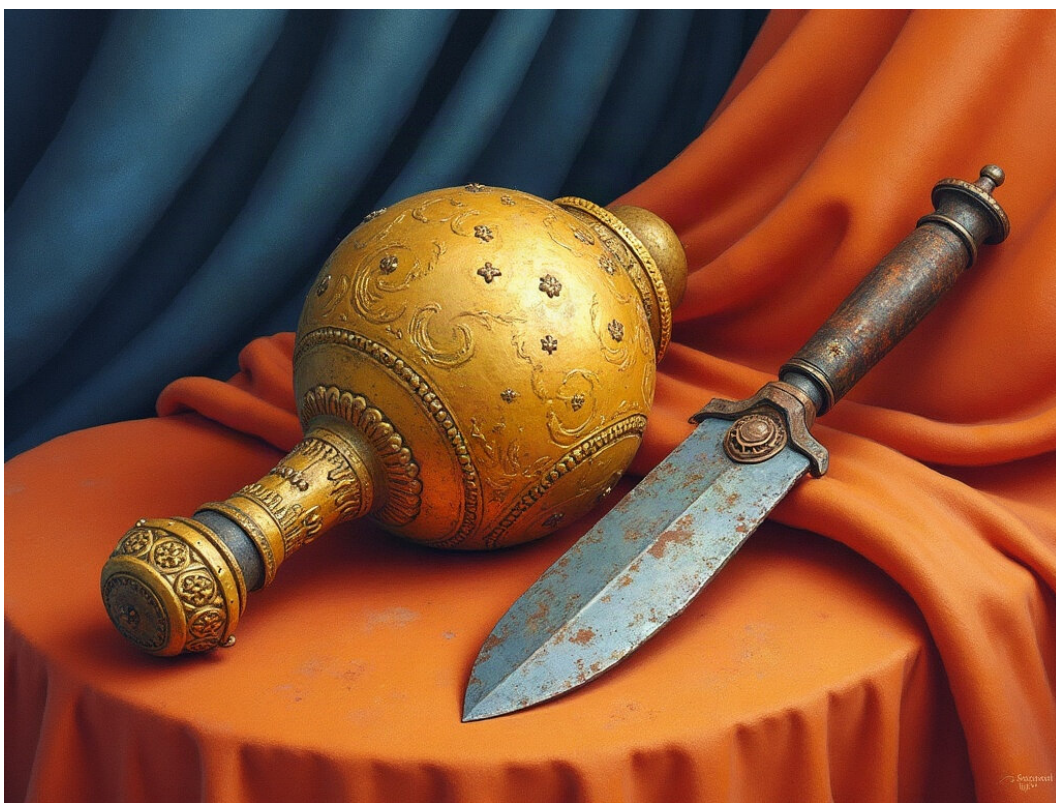
Почему золоту всё равно

Золото — редкий случай металла, которому кислород просто неинтересен. Его атомы держат свои электроны крепко и отдавать не хотят: соединяться с кислородом при обычных условиях золото отказывается.

Такие металлы называют **благородными** — золото, платина, чуть в меньшей степени серебро. Слово старое и немного смешное, но смысл в нём есть: они не вступают в реакции с чем попало.

Именно поэтому золото стало деньгами. Не потому что красивое, а потому что не портится: монету можно закопать, и через сто лет она будет ровно такой же. Пшеница сгниёт, железо съест ржавчина, а золото полежит.

Правда, серебро всё-таки тускнеет — но не от кислорода, а от соединений серы, которые есть в воздухе и в некоторых продуктах, напри-



Золотые вещи из древних гробниц выглядят так же, как в день изготовления

мер в яйцах. Поэтому серебряную ложку иногда приходится чистить, а золотую — никогда.

Как люди защищают железо

Раз ржавчине нужны кислород и вода, надо их не пустить. Способов несколько.

- **Краска и лак** — простая перегородка. Работает, пока нет царапины; в царапине ржавчина начнёт работать и полезет под краску.
- **Оцинковка** — железо покрывают цинком. Цинк даёт плотную плёнку, как алюминий, но главное не это: даже если поцарапать оцинкованное ведро, ржаветь начнёт цинк, а не железо. Он как бы вызывается на себя.

- **Нержавеющая сталь** — в железо добавляют хром, и хром образует на поверхности ту же невидимую плотную плёнку. Кухонная раковина и вилки сделаны именно так.
- **Масло или смазка** — временный способ: инструменты в мастерской протирают маслом, чтобы вода не села на металл.

Три гвоздя и три банки

Опыт займёт неделю, зато ответ ты получишь своими глазами.

1. Возьми три одинаковых железных гвоздя (не оцинкованных — блестящие оцинкованные не подойдут) и три стеклянные банки.
2. В первую банку положи гвоздь сухим и плотно закрой крышкой. Во вторую налей воды столько, чтобы гвоздь скрылся полностью, и тоже закрой. В третью налей воды наполовину, чтобы гвоздь стоял в воде только нижней частью, и оставь открытой.
3. Поставь банки в одно место и подожди 5–7 дней, каждый день заглядывая.
4. Сравни. Сильнее всего заржавеет третий гвоздь — именно на границе воды и воздуха. Там есть и вода, и кислород сразу. Первый почти не изменится, второй заржавеет слабо: в стоячей воде кислорода мало.
5. Можно добавить четвёртую банку с солёной водой и убедиться, что соль ускоряет ржавление.

Главное в трёх строчках

- Ржавчина — не налёт, а новое вещество: железо, соединившееся с кислородом и водой, поэтому ржавый гвоздь тяжелее чистого.
- Железо разрушается не потому, что жадное до кислорода, а потому, что его оксид рыхлый и осыпается; у алюминия и хрома оксид плотный и работает щитом.
- Золото не ржавеет вовсе — оно не хочет отдавать электроны кислороду, и поэтому золотые вещи доживают до нас из древности.

Вопросы для размышления

- Почему гвоздь, наполовину торчащий из воды, ржавеет сильнее, чем полностью утопленный?
- Оцинкованное ведро поцарапали. Почему оно всё равно не начинает ржаветь с царапины?
- Если бы оксид железа был таким же плотным, как оксид алюминия, как изменилась бы история техники?