



Никто не видел центр Земли

Как люди узнали, что у нас под ногами, ни разу туда не заглянув



Земля · 8–12 лет · 10 минут

Самая глубокая скважина в мире — 12 километров, а до центра Земли 6371. Как же учёные узнали, что там внутри? Рассказываем про звук землетрясений, качающиеся маятники и железный шар размером с Плутон.

Самая глубокая дырка на свете

На Кольском полуострове, за полярным кругом, есть ржавая железная крышка размером с крышку от кастрюли. Под ней — скважина глубиной 12 262 метра. Люди сверлили её больше двадцати лет и бросили: на глубине стало слишком горячо, около 180 градусов, а порода поползла, как пластилин, и всё время затягивала дыру обратно.

Это самая глубокая скважина в истории человечества.

А до центра Земли — 6371 километр.

Получается, мы проковыряли планету на одну пятисотую часть пути. Это как если бы ты собирался пройти пешком от Москвы до Санкт-Петербурга, а прошёл полтора километра — и всё.

И тем не менее учёные довольно уверенно рассказывают, что творится в самом центре: там железный шар с температурой около шести тысяч градусов. Откуда они это взяли, если никто там не был и никогда не будет?

Самый простой аргумент: планета слишком тяжёлая

Первая подсказка вообще не требует лезть под землю. Достаточно взвесить Землю целиком — а это можно сделать, наблюдая, как она притягивает другие тела.

Учёные знали массу Земли и знали её размер. Разделили одно на другое и получили: в среднем кубический метр Земли весит около 5,5 тонны.

А потом взяли обычный камень с поверхности — гранит, базальт — и взвесили. Кубический метр гранита весит примерно 2,7 тонны. В два раза меньше!

Вывод неизбежен: снаружи планета сделана из лёгкого камня, значит, **внутри должно быть что-то гораздо более тяжёлое**. Настолько тяжёлое, чтобы вытянуть средний вес до 5,5 тонны. Из известных распространённых веществ на эту роль подходит железо.

Плотность

Насколько вещество тяжёлое «на свой объём». Ведро с пухом и ведро с песком одинакового размера, но песок плотнее. Именно сравнение плотности всей планеты с плотностью обычных камней первым наметило людям, что в середине спрятан металл.

Как звук землетрясения рисует карту

Главный инструмент появился в конце XIX века, и это было гениально просто.

Когда где-то случается сильное землетрясение, по планете во все стороны расходятся волны — как круги по воде, только не по поверхности, а сквозь всю толщу. На другом конце мира стоят приборы-сейсмографы, которые ловят эти волны и записывают, когда именно они пришли.

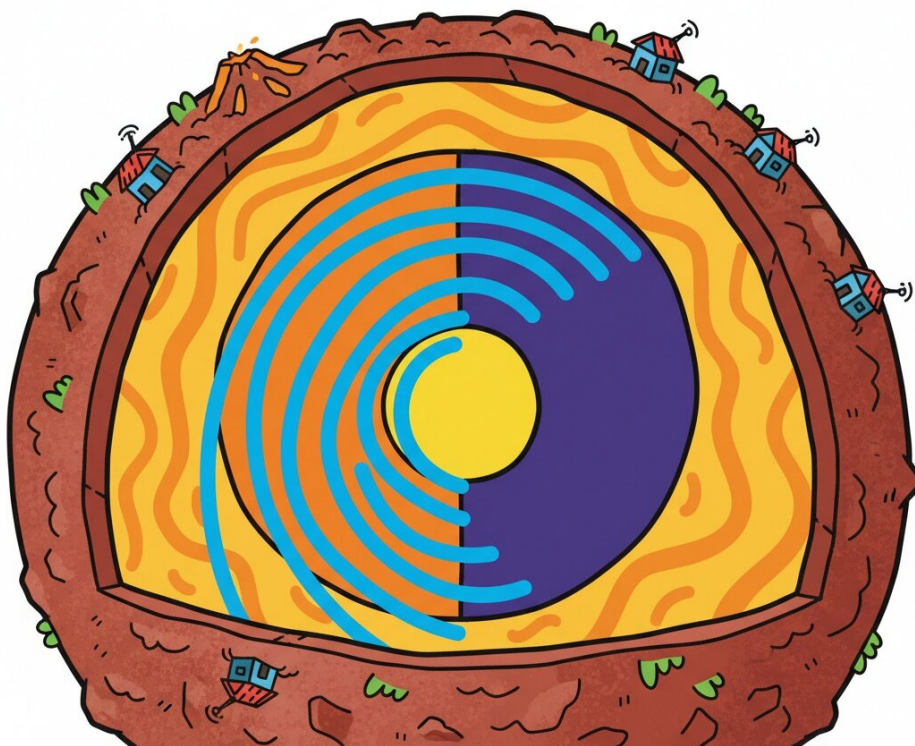
А дальше — то же, что с эхом. Волны ведут себя по-разному в разных веществах: в плотном камне идут быстрее, в рыхлом медленнее, а на границе между слоями **преломляются** — заворачивают, как луч света на границе воздуха и воды. Ты видел это, когда опускал ложку в стакан: ложка кажется сломанной.

Учёные собрали записи с сотен станций по всему миру и стали смотреть, где волны пришли раньше, где позже, а куда вообще не добрались. Из этих расхождений и собралась картина внутренностей планеты.

Одна находка была особенно красивой. Оказалось, что есть «тенивая зона» — целый пояс на другой стороне Земли, куда часть волн от землетрясения вообще не приходит. Дело в том, что волны бывают двух видов: одни — как сжатие пружины, они идут и через твёрдое, и через жидкое; другие — как колебание натянутой верёвки вбок, и эти сквозь жидкость пройти не могут вовсе.

Вторые исчезали. Значит, глубоко внутри что-то **жидкое**. Так в 1906 году нашли расплавленное ядро.

А в 1936 году датчанка Инге Леманн заметила: в самой середине волны почему-то ускоряются и отражаются. Она объяснила это тем, что внутри жидкого ядра спрятан ещё один шарик — твёрдый. Ей долго не верили. Оказалось, права.



Волны землетрясения проходят сквозь планету и рассказывают, что внутри

Женщина, нашедшая центр Земли

Инге Леманн работала с бумажными записями землетрясений, разложенными в картонных коробках из-под овсянки, и считала всё вручную. Она дожила до 104 лет — и успела увидеть, как её открытие подтвердили компьютерными расчётами.

Что получилось в итоге

Теперь можно разрезать планету и посмотреть, что внутри. Слоёв четыре.

Кора — то, по чему мы ходим. Под материками её в среднем 35 километров, под океанами — всего 7. Звучит солидно, но по сравнению с целой планетой это ничто.



Земная кора тоньше, чем кожура яблока

Сравнение с яблоком тут почти точное: кожура яблока — примерно такая же доля от его радиуса, как кора от радиуса Земли. Всё, что построили люди, все шахты, корни деревьев и самая глубокая скважина умещаются в этой кожуре.

Мантия — главный по объёму слой, почти 2900 километров горячего камня. Тут нужно сразу поправить распространённую ошибку: мантия **не жидкая**. Она твёрдая. Просто за тысячи лет она очень медленно течёт, как холодный мёд или как ледник, который выглядит камнем, но ползёт вниз по долине. Скорость этого течения — несколько сантиметров в год. Именно это медленное перемешивание двигает материки, поднимает горы и трясёт землю.

Внешнее ядро — вот оно по-настоящему жидкое. Расплавленное железо с никелем, толщина слоя 2200 километров.

Внутреннее ядро — шар из железа радиусом около 1200 километров: это примерно размер Плутона и две трети Луны. Температура там

примерно как на поверхности Солнца — около 5500 градусов. При такой жаре железо давно должно было бы расплавиться, но его так сильно сдавливает вся тяжесть планеты сверху, что оно остаётся твёрдым. Давление в центре Земли в три с половиной миллиона раз больше того, что давит на тебя сейчас.

Зачем нам это железо

Может показаться, что ядро — это просто далёкая горячая штука, которая нас не касается. Нет.

Жидкое железо во внешнем ядре всё время перемешивается: снизу его подогревает ядро внутреннее, сверху оно остывает, и получаются медленные вихри. А движущийся металл, как ты знаешь из школьного опыта с катушкой, порождает магнитное поле.



Жидкое железо крутится в глубине — и у планеты появляется магнитное поле

Так у Земли появляется магнитное поле. Оно поворачивает стрелку компаса — и оно же работает щитом: отбрасывает поток заряженных частиц, который непрерывно летит от Солнца. Без этого щита солнечный ветер за миллионы лет содрал бы с планеты атмосферу и высушил бы океаны.

Похоже, именно это и случилось с Марсом. Он меньше Земли и остыл внутри быстрее, его ядро успокоилось, магнитное поле почти исчезло — и Марс превратился в холодную пустыню с очень разреженным воздухом.

А на Земле частицы солнечного ветра, соскальзывая по магнитным линиям к полюсам, врезаются в верхние слои атмосферы и заставляют её светиться. Это северное сияние. Получается, зелёные всполохи над Мурманском — это привет от расплавленного железа за три тысячи километров под ногами.

Узнай, что внутри, не открывая

Учёные разгадали устройство планеты, ни разу в неё не заглянув. Попробуй то же самое на коробке.

1. Попроси кого-нибудь взять непрозрачную коробку с крышкой и спрятать внутрь один предмет, не показывая тебе. Коробку заклеить.
2. Открывать нельзя. Можно только взвесить на кухонных весах, наклонять, трясти, слушать, катать по столу и стучать по стенкам.
3. Записывай выводы по одному: «тяжёлое — значит, не бумага», «перекачивается с глухим стуком — значит, одно целое и круглое», «при наклоне съезжает не сразу — значит, не совсем гладкое».
4. Назови свою версию вслух до того, как коробку вскрыют. Потом проверь.

Ты только что поработал геофизиком. Взвешивание — это как определение средней плотности планеты, а стук по стенкам и звук изнутри — как волны землетрясения, которые проходят сквозь Землю и возвращаются с рассказом.

Главное в трёх строчках

- Внутри Земли никто не заглядывал: самая глубокая скважина прошла лишь пятисотую долю пути до центра.
- Строение планеты выяснили косвенно — по её общему весу и по тому, как сквозь неё проходят волны землетрясений.
- Под тонкой корой лежит медленно текущая твёрдая мантия, под ней жидкое железное ядро, которое создаёт магнитное поле, а в самом центре — твёрдый железный шар.

Вопросы для размышления

- Почему мантия твёрдая, но при этом течёт? Где ты видел что-то похожее?
- Если бы внутреннее ядро вдруг остыло и всё ядро стало твёрдым, что изменилось бы на поверхности?
- Как проверить идею про строение Земли на другой планете, куда нельзя послать человека?