



Звук — это дрожащий воздух

*Как голос долетает до уха и почему в горах он возвращается
обратно*



Физика · 8–12 лет · 9 минут

Звук — не невидимая вещь, которая летит по воздуху. Это волна сжатий и разрежений, бегущая от дрожащего предмета. Отсюда и тишина в космосе, и опоздание эха, и раскатистость грома.

Секунда, за которую можно многое понять

Летом в грозу попробуй такое: увидев молнию, начни считать. «Раз, два, три...» — пока не грохнет гром. Каждые три секунды — это примерно километр до грозы.

Почему так? Молния и гром рождаются в одну и ту же секунду, в одном и том же месте. Но свет долетает до тебя мгновенно, а звуку нужно время. Звук ползёт — по сравнению со светом, конечно.

Значит, звук — это что-то, что **летит** и тратит на дорогу время. Что именно летит? Не частички воздуха: воздух от твоего крика не переселяется к скале. Летит другое — дрожание.

Всё начинается с дрожи

Возьми любой источник звука и потрогай его.

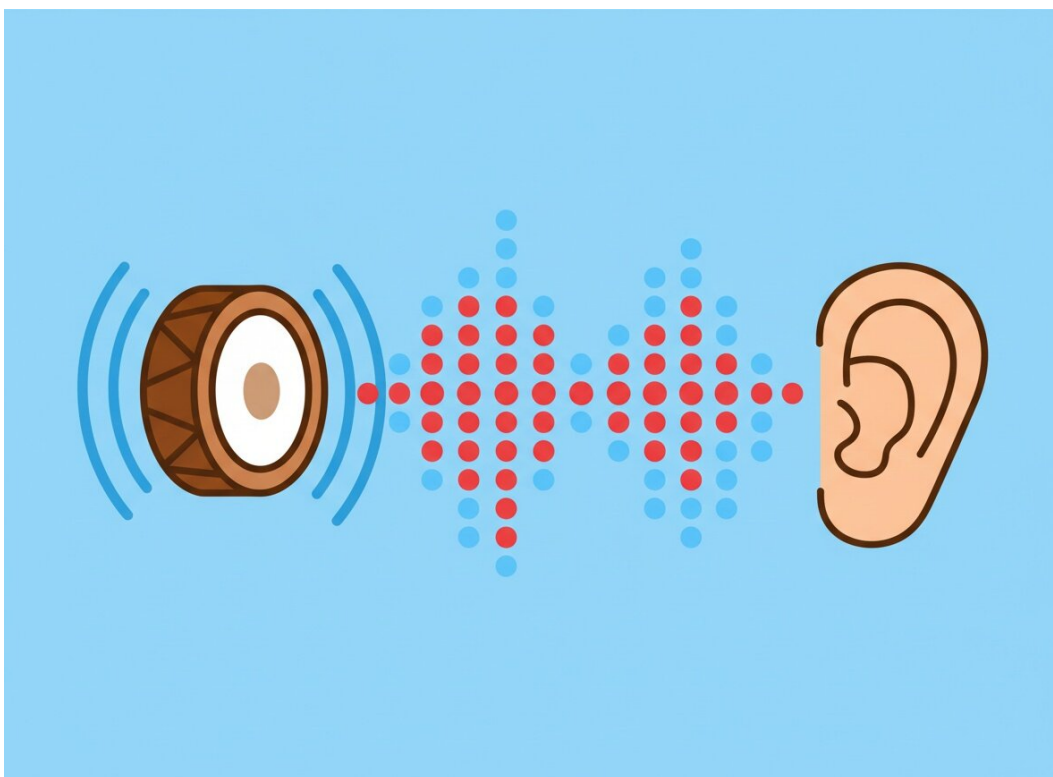
Прижми пальцы к горлу и скажи «а-а-а» — под кожей дрожит. Тронь струну гитары после щипка — она дрожит. Поставь ладонь на колонку, из которой играет музыка, — дрожит. Ударь по столу — стол дрожит, просто слишком быстро и слабо, чтобы это заметить глазом.

Это правило без исключений: **звук всегда рождается из колебаний**. Что-то ходит туда-сюда.

Дальше вот что. Дрожащая поверхность движется вперёд и подталкивает воздух перед собой — воздух в этом месте чуть-чуть уплотняется. Потом поверхность идёт назад, и воздух в этом месте, наоборот, чуть-чуть разрежается.

Уплотнение не остаётся на месте: молекулы воздуха толкают соседей, соседи — своих соседей, и по воздуху бежит цепочка «плотно — редко — плотно — редко».

Это и есть звуковая волна. Похоже на то, как ведут себя люди в очереди: если первого толкнуть, толчок пробежит по всей очереди до конца, хотя никто своё место не покинет.



Волна звука — это бегущая цепочка сжатий и разрежений воздуха

Звуковая волна

Бегущее чередование сжатий и разрежений в воздухе (или в воде, или в металле). Воздух при этом никуда не переезжает — каждая молекула лишь качается туда-сюда вокруг своего места и передаёт толчок дальше. Переносится не вещество, а движение.

Почему в космосе тишина

Раз звуку нужно что-то, по чему бежать, то там, где ничего нет, звука не будет.

В космосе почти пустота. Молекул так мало, что передавать толчок некому. Поэтому космический взрыв — совершенно беззвучен, и все фильмы, где корабли с грохотом взрываются в вакууме, врут. Космо-

навты снаружи станции разговаривают по радио: радиоволны — это не звук, им среда не нужна.

А вот в воде и в твёрдых телах звук идёт даже лучше, чем в воздухе, потому что молекулы там сидят теснее и быстрее передают толчок соседям:

- в воздухе — примерно **340 метров в секунду**;
- в воде — около 1500 метров в секунду, вчетверо быстрее;
- в стали — около 5000 метров в секунду, в пятнадцать раз быстрее.

340 метров в секунду — это быстро для нас, но медленно для физики. За ту секунду, пока звук пройдёт триста сорок метров, свет успел бы семь с половиной раз обогнуть Землю.

Приложи ухо к рельсу

В старых книгах герои прикладывают ухо к рельсу, чтобы услышать поезд издали, — и это работает по-настоящему. Сталь передаёт звук примерно в пятнадцать раз быстрее воздуха и почти не рассеивает его в стороны, поэтому стук колёс по рельсу слышен намного раньше и дальше, чем по воздуху. Только к настоящему рельсу подходить нельзя: это смертельно опасно. Проверь эффект на длинной металлической трубе или перилах.

Высокий и низкий, тихий и громкий

У волны есть две главные характеристики, и они отвечают за две разные вещи.

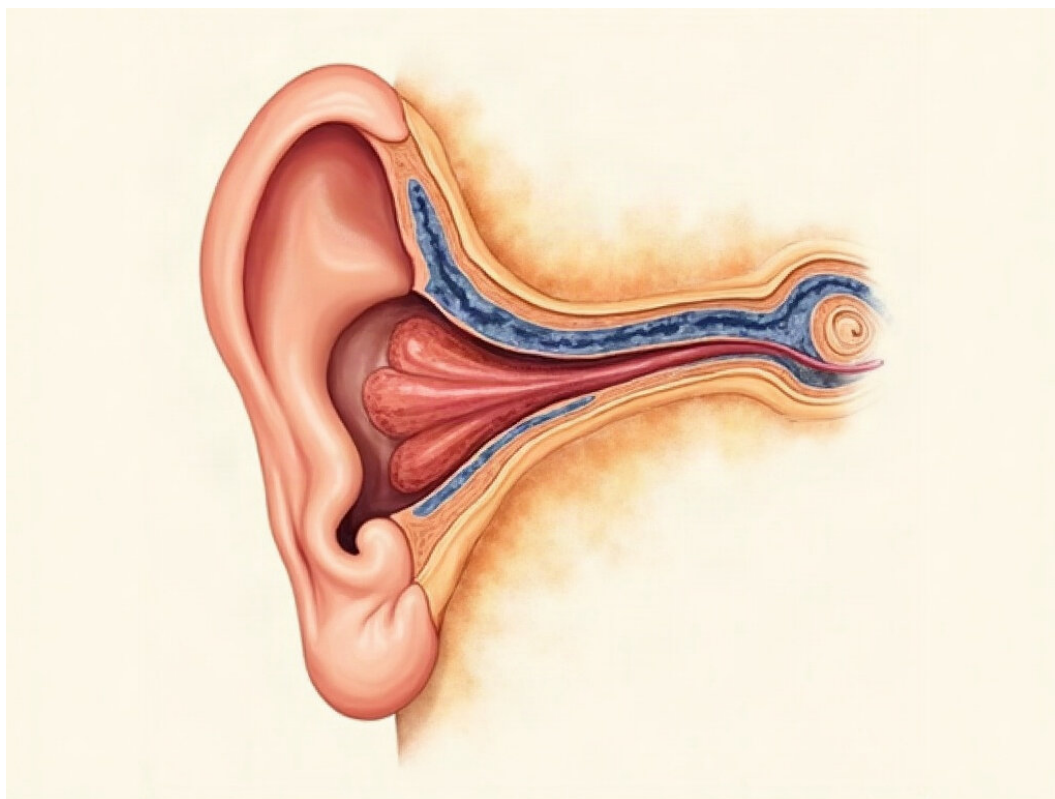
Как часто дрожит — это высота звука. Частоту измеряют в герцах: один герц — одно колебание в секунду. Толстая струна дрожит медленно и гудит низко, тонкая — часто и звенит высоко. Человек слышит примерно от 20 до 20 000 герц, причём с возрастом верхняя граница опускается: взрослые часто не слышат того писка, который прекрасно слышат дети.

Насколько сильно дрожит — это громкость. Чем больше размах колебаний, тем сильнее сжимается воздух и тем громче звук.

Ниже 20 герц — инфразвук, его издают штормы, землетрясения и слоны, которые так переговариваются на несколько километров. Выше 20 000 — ультразвук: им «видят» летучие мыши и дельфины, а врачи с его помощью заглядывают внутрь тела.

Как звук превращается в слышимое

Волна добегает до тебя. Дальше работает ухо — довольно хитрая механическая машина.



Барабанная перепонка повторяет дрожание воздуха, а мозг превращает его в звук

Ушная раковина собирает волну и направляет в слуховой проход. В конце прохода натянута тоненькая **барабанная перепонка**. Сжатия и разрежения воздуха заставляют её прогибаться туда-сюда — она в точности повторяет дрожание источника.

За перепонкой сидят три крошечные косточки: молоточек, наковальня и стремечко. Это самые маленькие кости в твоём теле — стре-

мечко размером с рисовое зёрнышко. Они работают рычагом и усиливают толчок.

Дальше идёт улитка — закрученная трубочка, заполненная жидкостью, с тысячами чувствительных волосков внутри. Разные участки улитки откликаются на разные частоты. Волоски превращают дрожание в электрические сигналы, и уже мозг решает, что это было: мамин голос, звонок или упавшая вилка.

Важное предупреждение: эти волоски не восстанавливаются. Громкая музыка в наушниках убивает их навсегда, и потерянный слух не возвращается.

Эхо: звук, который вернулся

Теперь про скалы и подьезды.

Когда волна встречает твёрдую гладкую поверхность — стену, скалу, лёд на реке, — она от неё отражается. Как мячик от стены. Отражённая волна идёт обратно и через некоторое время добегают до твоего уха. Это и есть эхо.

Почему мы не слышим эхо в комнате? Потому что оно есть, но приходит слишком быстро. Мозг не различает два звука, если между ними меньше примерно 0,06 секунды, — он сливает их в один. За это время звук успевает пролететь около 20 метров туда и обратно, то есть до стены должно быть метров десять. В обычной комнате стена ближе, поэтому эхо «прилипает» к самому звуку и слышится просто как гулкость.

Измерь расстояние до стены голосом

1. Найди место, где эхо слышно чётко: длинный пустой коридор, каменная набережная, стена большого дома через двор, скала.
2. Крикни коротко и резко — лучше всего хлопнуть в ладоши, хлопок короче крика.
3. Попроси помощника с секундомером (или включи секундомер на телефоне) засечь время от хлопка до эха. Точно поймать короткий промежуток трудно, поэтому сделай так: хлопай ритмично, подстраиваясь, чтобы каждый следующий хлопок совпадал с эхом от предыдущего. Засеки время десяти хлопков и подели на десять — так получится точнее.
4. Умножь полученное время на 340 (столько метров звук проходит за секунду) и подели пополам — ведь звук слетал туда и обратно.
5. Сравни с шагами: отмерь расстояние до стены, считая шаги примерно по полметра. Цифры должны сойтись.

Мягкие вещи — ковры, шторы, куртки, снег — эхо не возвращают: они гасят волну, превращая её в тепло. Поэтому в заснеженном лесу так тихо, а в пустой квартире без мебели гулко.

И последнее про гром. Молния мгновенно раскаляет воздух до десятков тысяч градусов, тот резко расширяется и рождает мощнейшую волну. Раскат длинный и рычащий потому, что молния — это длинный канал: звук от ближнего её конца приходит раньше, чем от дальнего, а ещё эхо от облаков и земли растягивает грохот.

Главное в трёх строчках

- Звук рождается из колебаний и бежит по воздуху как волна сжатий и разрежений; само вещество при этом остаётся на месте.
- Без среды звука нет — в космосе тишина, а в воде и металле звук идёт быстрее, чем в воздухе.
- Эхо — это отражённая волна; по времени её возвращения можно измерить расстояние, зная, что звук проходит около 340 метров в секунду.



Молнию видно сразу, а гром приходит позже — свет быстрее звука

Вопросы для размышления

- Если в грозу ты сосчитал до девяти между молнией и громом, как далеко гроза?
- Почему в комнате, заставленной мебелью и с ковром на полу, голос звучит глуше, чем в пустой?
- Летучая мышь кричит и слушает эхо. Что ей мешает определить положение бабочки, сидящей на мягком мху?