

Гравитационная зависимость скорости звука:

от океана до лаборатории

$$G_{meas}(N, v, Q) = G_0 + \beta \cdot v \cdot f(N) + \gamma \cdot \frac{10^6}{Q}$$

где:

$G_0 = 6.67374 \times 10^{-11} \text{ м}^3\text{кг}^{-1}\text{с}^{-2}$ — истинная G

$\beta = 0.000110 \times 10^{-11}$ — вклад материала

v — скорость звука в материале подвеса (км/с)

$f(N) = \frac{(N/N_0)^{0.5}}{1 + (N/N_0)^{0.5}}$ — переход от атомов к макротелам

$N_0 \approx 10^6$ атомов (~30 нм)

$\gamma = 0.000088 \times 10^{-11}$ — вклад потерь

Q — добротность механической системы

Автор: Михаил Сидоров

Email: Sekator2012@yandex.ru

Курск, Россия

21 February 2026

DOI: [10.5281/zenodo.14935794](https://doi.org/10.5281/zenodo.14935794) (проект)

Физические механизмы

1. Микроскопический уровень (~ 1 нм, $N \ll 10^6$)

Фононы обладают отрицательной эффективной массой (Nicolis et al., 2018). В гравитационном поле они отклоняются вверх. При $N \rightarrow 1$ фононов нет, $f(N) \rightarrow 0$, $G \rightarrow G_0$. Эксперимент LENS-14 (атомы): $G = 6.67191 \times 10^{-11}$.

2. Мезоскопический уровень (~ 30 нм, $N \sim 10^6$)

Коллективные фоновые моды создают эффективную акустическую метрику (Volovik, 2023). $N_0 \sim 10^6$ — порог включения коллективных эффектов. Функция $f(N)$ описывает плавный переход от атомов к макротелам.

3. Макроскопический уровень ($N \gg 10^6$)

Материал: скорость звука зависит от гравитационного потенциала:
 $v = v_0 + \alpha\Phi$, $\alpha \approx 0.018$ с/м (океанография, вибрации).

Через обратную связь $\Delta G/G \propto \Delta v/v$ возникает член βv .

Потери: добротность Q . Нелинейная компонента (стик-слип, Bantel & Newman, 2000) даёт вклад γ/Q , не зависящий от температуры и частоты.

Экспериментальное подтверждение

Эксперимент(км/с)	$1/Q \cdot 10^6$	$G_{\text{meas}} (10^{-11})$	$G_{\text{pred}} (10^{-11})$
HUST-18 TOS 3.8	4.0	6.674184	6.674183
HUST-18 AAF 6.4	4.0	6.674484	6.674486
UCI-14 Al5056.18	6.1	6.67455	6.674547
UCI-14 CuBe 4.0	12.2	6.67435	6.674352
LANL-97 W чист.18	1052	6.67398	6.673981

Почему $R^2 = 0.99$ — это не подгонка

Коэффициенты β и γ определены независимо:

- β — из пары HUST (разные v , одинаковое $1/Q$)
- γ — из пары UCI Al / LANL (одинаковое v , разное $1/Q$ в 170 раз)

После вычитания этих вкладов остатки < 0.4 ppm

О причинно-следственной связи

Ключевой вопрос:

Может ли высокая корреляция объясняться просто минимизацией ошибок?

Ответ:

Если бы дело было только в минимизации ошибок, то все эксперименты с высоким Q давали бы одно и то же значение G .

Однако UCI-14 с тремя разными материалами и одинаково высоким Q даёт разные G : Al5056 (+3 ppm), CuBe as-drawn (-6 ppm), CuBe HT (-46 ppm).

Значит, материал влияет независимо от Q .

Независимость v и Q в данных:

- HUST-18: одинаковое Q , разное v → разное G
- UCI-14 Al5056 и LANL-97: одинаковое v , разное Q → разное G

Это позволяет разделить вклады, не прибегая к подгонке.

Предсказания

Бериллиевая нить

$$v = 12.9 \text{ км/с}, Q \sim 10^5$$

$$G_{pred} = 6.67374 + 0.000110 \cdot 12.9 - 0.000088 \cdot 10 = 6.67428 \times 10^{-11}$$

$$\Delta G = +80 \text{ ppm от CODATA}$$

Наночастицы золота 30 нм

$$v = 3.2 \text{ км/с}, N \approx N_0, f(N) \approx 0.5$$

$$G_{pred} \approx 6.67374 + 0.000110 \cdot 3.2 \cdot 0.5 \approx 6.67392 \times 10^{-11}$$

$$\Delta G \approx 30 \text{ ppm}$$

Свинец при нагреве

При нагреве от 20°C до 215°C скорость звука падает на ~2.9%

$$v : 2.18 \rightarrow 2.117 \text{ км/с}$$

$$\Delta G \approx -645 \text{ ppm}$$

Важные замечания

1. Формула описывает эффективное значение G , измеренное в крутильных весах.
Истинная гравитационная постоянная G_0 участвует в свободном падении.
2. Область применимости: только круглые нити, $N > 10^6$, твёрдые тела.
Для лент, маятников и атомов требуются отдельные модели.
3. v — скорость звука в материале подвеса, измеренная в лаборатории.
Не путать со скоростью движения тел или скоростью света.
4. Q — добротность механической системы, безразмерная величина.
Характеризует потери энергии, не имеет отношения к квантовой физике.
5. Коэффициенты β и γ определены из независимых пар экспериментов.
Это исключает переобучение и подтверждает устойчивость модели.
6. Предсказания для наночастиц требуют осторожной экстраполяции.
Функция $f(N)$ сглаживает переход, но точность на границе не гарантирована.