

Миллионная доля (ppm)

Миллионная доля, пропромилле — единица измерения концентрации и других относительных величин, аналогична по смыслу проценту или промилле, представляет собой одну миллионную долю. Обозначается сокращением **ppm** (англ. *Parts per million* или лат. *pro pro mille*, читается «пи-пи-эм», «частей на миллион») или млн^{-1} или **мд**.

- $1 \text{ ppm} = 0,001 \text{ ‰} = 0,0001 \text{ ‰} = 0,000001 = 10^{-6}$
- $1 \text{ ‰} = 1000 \text{ ppm}$.
- $1 \text{ ‰} = 1000 \text{ ppm}$.

Для массовых концентраций $1 \text{ ppm} = 1 \text{ г/т} = 1 \text{ мг/кг}$.

Например, если указано, что **массовая доля вещества** в смеси составляет 15 ppm, это означает, что на каждый килограмм смеси приходится 15 мг этого вещества.

Если же речь идёт об **объёмных концентрациях (объёмных долях, долях по объёму)**, то 1 ppm — это кубический сантиметр (он же миллилитр) на кубический метр ($\text{см}^3/\text{м}^3$), «кубик» на «куб», или пол-стакана (100 мл) на 10 000 вёдер (по 10 литров). Так, объёмная концентрация углекислого газа в атмосфере Земли составляет около 380 ppm, и это значит, что в каждом кубометре воздуха 380 мл (объём двух стаканов) занимает углекислый газ.

Другие единицы

- миллиардная доля, *parts per billion* (ppb, млрд⁻¹, 10^{-9}). Это грубо равно одной капле чернил в среднем бассейне или одной секунде к 32 годам. 1 часть от 10^9 .
- *Parts per trillion* (ppt, трлн⁻¹, 10^{-12}). Это грубо равно одной капле чернил в судоходном шлюзе, заполненном водой, или одной секунде к 320 столетиям. 1 часть от 10^{12} .

Распространённая ошибка

Часто мг вещества, приведённый к 1 кубическому метру газа при нормальных условиях, тоже называют ppm. Это верно лишь отчасти, так как масса 1 кубометра воздуха близка к 1 кг (точнее, 1,2 кг). Но это совсем неверно, если это определение расширяют на кубометр произвольного газа. Также неверно считать ppm равным 1 мг на литр, что отчасти верно для водных растворов, но даёт большую погрешность при переходе к углеводородам, плотность которых 0,5-1 кг/л.

Миллиардная доля (ppb)

Миллиардная доля — единица измерения концентрации, и других относительных величин, миллиардная доля аналогична по смыслу проценту или промилле. Обозначается сокращением млрд⁻¹ или **ppb** (англ. *Parts per billion*, читается «пи-пи-би», «частей на миллиард»).

- $1 \text{ ppb} = 0,000001 \text{ ‰} = 0,0000001 \text{ ‰} = 10^{-9}$
- $1 \text{ ‰} = 1000000 \text{ ppb}$
- $1 \text{ ‰} = 1000000 \text{ ppb}$

Массовая доля $1 \text{ ppb} = 1 \text{ мг/т} = 1 \text{ мкг/кг} = 1 \text{ нг/г}$.

Объёмная доля $1 \text{ ppb} = 1 \text{ м}^3/\text{км}^3 = 1 \text{ мм}^3/\text{м}^3 = 1 \text{ мкм}^3/\text{мм}^3$

Промилле (‰)

Промилле (лат. *pro mille* — за тысячу) — одна тысячная доля, $1/10$ процента. Обозначается (‰). Используется для обозначения количества тысячных долей чего-либо в целом. Происходит (как и процент) от написания простой дробью: $27/1000 \rightarrow 27‰$; количество нулей в обозначении (3 нуля) соответствует количеству нулей в числе 1000.

Так,

- $1 ‰ = 1/1000 = 0,001 = 0,1 \%$
- $10 ‰ = 1 \%$
- $0 ‰ = 0$
- $0,07 ‰ = 0,00007$
- $30 ‰ = 0,03$
- $45,1 ‰ = 0,0451$
- $1000 ‰ = 1$
- $2000 ‰ = 2$
- $10 ‰ = 0,01$

Величина в промилле от массы, выраженной в килограммах, эквивалентна массе в граммах. От массы в тоннах — килограммам. Есть некоторые величины (доли), традиционно измеряемые в промилле.

Например, фраза «солёность воды составляет 11 ‰ (одиннадцать промилле)», это то же самое, что и 1,1 % и означает, что из общей массы воды 0,011 (11 тысячных) занимают соли; так, если взять 1 кг воды, то в ней будет 11 г солей.

Уровень содержания алкоголя в крови человека также часто выражается в промилле.

Уклон

В связи с тем, что уклон железнодорожного пути сравнительно невелик, его также принято исчислять в промилле, однако при этом употребляют термин «*тысячная*» (например: «уклон 10 тысячных»).

Представив рельс как гипотенузу прямоугольного треугольника, один из катетов которого имеет длину 1000 метров и параллелен горизонту, увидим, что второй катет будет равен высоте, на которую поднимется состав, проехав (почти) 1 километр. Отношение второго катета к первому на практике часто представляет собой очень малую величину, поэтому его удобно выражать в тысячных. Уклон в 8 ‰ означает, например, что, проехав 1 километр, состав поднимется на высоту 8 метров (тангенс угла подъёма при этом составляет 0,008, то есть собственно угол подъёма равен $\arctg 0,008 \approx 0,46^\circ$).

Пропромилле

Пропромилле — одна миллионная часть, обозначается тремя латинскими буквами — ppm, читается как «пи-пи-эм». Интересно, что при этом саму аббревиатуру ppm чаще понимают как «частей на миллион» (англ. «Parts per million»), а не как «Pro pro mille». 1 ppm в 1000 раз (на 3 порядка) меньше чем 1 промилле

$$1\text{ppm} = 1/1000000 = 0,000001 = 1 \cdot 10^{-6} = 0,001 ‰ = 0,0001 \%$$