

# Урок 1. Масштабы Вселенной

Астрономия · ~35 минут

Возьми линейку. Метр ты видишь глазами, можешь потрогать. А теперь представь расстояние до Солнца — 150 миллионов километров. Или до ближайшей звезды — в 270 000 раз дальше. Мозг отказывается это вообразить. Поэтому астрономы придумали хитрость: не воображать целиком, а **считать степенями десяти** и мерить космос удобными «линейками» — световым годом и астрономической единицей.

## Что ты узнаешь

- Как записывать гигантские и крошечные числа степенями десяти и не путаться в нулях.
- Что такое астрономическая единица (а.е.) и световой год и зачем их два.
- Насколько на самом деле пусто в космосе — на модели «Солнечная система на футбольном поле».
- Как одним взглядом оценивать порядок величины.

## Разбираемся в теме


### Лестница степеней десяти

Каждый шаг вверх по этой лестнице — умножение на 10. Всего десяток шагов — и метр превращается в размер целой планетной системы.

Размер	Метры	Что это
1 м	$10^0$	твой рост чуть меньше
$10^4$ м	10 км	город
$6,4 \cdot 10^6$ м	6400 км	радиус Земли

Размер	Метры	Что это
$3,8 \cdot 10^8$ м	384 000 км	до Луны
$1,5 \cdot 10^{11}$ м	150 млн км	до Солнца (1 а.е.)
$5,9 \cdot 10^{12}$ м	5,9 млрд км	до Нептуна ( $\approx 39$ а.е.)
$9,5 \cdot 10^{15}$ м	1 световой год	63 000 а.е.
$4 \cdot 10^{16}$ м	4,2 св. года	до ближайшей звезды
$1 \cdot 10^{21}$ м	100 000 св. лет	поперечник нашей Галактики
$8 \cdot 10^{26}$ м	93 млрд св. лет	видимая Вселенная

От метра до края видимой Вселенной — 26 шагов по лестнице степеней. Каждый шаг — это  $\times 10$ , а весь путь — это умножение на единицу с 26 нулями.

 **Запомни:** записывать число как  $a \cdot 10^n$ , где  $1 \leq a < 10$ , — значит записать его в **стандартном виде**. Показатель  $n$  сразу говорит порядок величины.  $384\,000\,000 = 3,84 \cdot 10^8$ . Считать удобно так: умножая, складывай показатели; деля — вычитай.


## Две космические линейки


Километрами мерить космос неудобно: до Солнца 150 000 000 км, а числа только растут. Поэтому ввели две «линейки» под разные масштабы.

**Астрономическая единица (а.е.)** — среднее расстояние от Земли до Солнца:  
 $1 \text{ а.е.} \approx 1,5 \cdot 10^8 \text{ км} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ .  
 Ею удобно мерить внутри Солнечной системы: Марс — 1,5 а.е. от Солнца, Юпитер — 5,2 а.е., Нептун — 30 а.е.

**Световой год (св. год)** — расстояние, которое свет проходит за год. Свет летит со скоростью  $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ . В году примерно  $3,15 \cdot 10^7$  секунд (проверь:  $365 \cdot 24 \cdot 3600$ ). Значит,  $1 \text{ св. год} = c$


$\cdot t \approx 3 \cdot 10^8 \cdot 3,15 \cdot 10^7 \approx 9,5 \cdot 10^{15} \text{ м} \approx 9,5 \cdot 10^5 \text{ трлн км}.$

 **А знаешь ли ты?** Световой год — это единица **расстояния**, а не времени, хотя в названии есть слово «год». Это частая ловушка. Свет от Солнца до нас идёт всего около 8 минут, а от ближайшей звезды — больше 4 лет.

 Ещё есть **парсек** (около 3,26 св. года) — про него будет отдельный разговор в уроке 4, когда дойдём до параллакса.

## Насколько пусто в космосе

Главное, что скрывают красивые картинки: между телами в космосе **чудовищно много пустоты**. Планеты рядом с расстояниями между ними — крошечные пылинки.

 На всех рисунках Солнечной системы планеты нарисованы огромными и близко друг к другу — иначе их просто не было бы видно. В реальности всё наоборот: тела крошечные, а промежутки гигантские.


## Модель на футбольном поле

Уменьшим Солнечную систему так, чтобы **Солнце стало шариком диаметром 1 см** (горошина). Настоящий диаметр Солнца — 1,4 млн км, значит масштаб уменьшения:  $k = \frac{1,4 \cdot 10^9 \text{ км}}{1 \text{ см}} = 1,4 \cdot 10^9.$  Теперь пересчитаем расстояния (делим настоящие на k):

Объект	Настоящее расстояние от Солнца	На модели
Земля	$1,5 \cdot 10^8$ км	$\approx 1,1$ м
Земля — размер	12 700 км	$\approx 0,09$ мм (пылинка!)
Луна от Земли	384 000 км	$\approx 0,27$ мм от пылинки-Земли

Объект	Настоящее расстояние от Солнца	На модели
Юпитер	$7,8 \cdot 10^8$ км	$\approx 5,6$ м
Нептун	$4,5 \cdot 10^9$ км	$\approx 32$ м
Ближайшая звезда	$4,0 \cdot 10^{13}$ км	$\approx 290$ км !!!

Горошина-Солнце в центре, Земля-пылинка в метре от неё, весь «диск планет» уместается на футбольном поле (Нептун в 32 м). А ближайшая звезда — такая же горошина, но за **290 километров**. Вот что такое космическая пустота.

 **Запомни:** в астрономии почти всегда важнее **порядок величины** (степень десяти), чем точная цифра. Ошибиться в 2 раза — не страшно. Ошибиться в 10 раз — уже другая физика.

### Разбор примера

**Задача.** Свет от Солнца идёт до Земли примерно 8 минут. Проверь это, зная  $1 \text{ а.е.} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$  и  $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

**Решение.** Время = расстояние / скорость:  $t = \frac{s}{c} = \frac{1,5 \cdot 10^{11}}{3 \cdot 10^8} \text{ с}$ . Делим по частям:  $1,5/3 = 0,5$ , а  $10^{11}/10^8 = 10^3$ . Значит,  $t = 0,5 \cdot 10^3 = 500 \text{ с}$ . Переведём в минуты:  $500/60 \approx 8,3$  мин. Сходится! Мы видим Солнце таким, каким оно было 8 минут назад.

### Задачи

- Запиши в стандартном виде  $a \cdot 10^n$ : (а) 150 000 000; (б) 0,0000072; (в) 384 000; (г) 1 400 000 000.
- Вычисли, не пользуясь калькулятором для нулей:  $(2 \cdot 10^5) \cdot (4 \cdot 10^8)$ ;  $(6 \cdot 10^{12}) / (3 \cdot 10^4)$ ;  $(3 \cdot 10^8)^2$ .

3. Сколько астрономических единиц в одном световом годе? (1 св. год  $\approx 9,5 \cdot 10^{12}$  км, 1 а.е.  $\approx 1,5 \cdot 10^8$  км.) Ответ дай порядком величины.
4. Свет от ближайшей звезды идёт 4,2 года. Вырази это расстояние в километрах (стандартный вид) и в астрономических единицах.
5. В модели «Солнце — горошина 1 см» на каком расстоянии окажется Нептун (настоящее расстояние  $4,5 \cdot 10^9$  км)? А во сколько раз дальше окажется ближайшая звезда, чем Нептун?
6. Оцени порядок величины: сколько песчинок (диаметр  $\approx 0,5$  мм) нужно выложить в линию, чтобы получить 1 метр? А 1 километр? Запиши степенями десяти.
7. Диаметр атома примерно  $10^{-10}$  м, поперечник видимой Вселенной  $\approx 10^{27}$  м. Во сколько раз Вселенная «больше» атома? Сколько это порядков?
8. Радиосигнал (летит со скоростью света) отправили к марсоходу, когда Марс был в  $2,3 \cdot 10^8$  км от Земли. Через сколько минут сигнал дойдёт? Почему марсоходом нельзя управлять «джойстиком» в реальном времени?