

# Урок 3. Расстояние до Луны и её размер

Астрономия · ~35 минут

Луна висит в небе так близко и знакомо, что кажется — до неё рукой подать. На самом деле между нами и Луной поместилось бы 30 шаров-Земель в ряд. Древние греки умели это измерить — по форме земной тени во время затмения и по тому, как Луна «сдвигается» на фоне звёзд, если смотреть из разных мест. Сегодня разберём оба способа.

## Что ты узнаешь


- Как угловой размер Луны ( $\sim 0,5^\circ$ ) связывает её размер и расстояние.
- Как лунное затмение показывает, что Земля больше Луны примерно вчетверо.
- Что такое параллакс и как он даёт расстояние до Луны напрямую.
- Числа: до Луны  $\approx 384\,000$  км, радиус Луны  $\approx 1740$  км.

## Разбираемся в теме

### Угловой размер: как связаны размер и дальность

Вытяни руку и подними большой палец — он закроет Луну целиком. Дело не в том, что палец «размером с Луну», а в **угле**, под которым виден объект. Луна видна с Земли под углом примерно  $0,5^\circ$  (полградуса) — это её **угловой размер**.

Для малого угла работает простая формула («угловой размер в радианах = размер / расстояние»):  $\theta \ (\text{рад}) \approx \frac{d}{D}$ , где  $d$  — настоящий размер (диаметр) объекта,  $D$  — расстояние до него. Переведём  $0,5^\circ$  в радианы: полный круг  $360^\circ = 2\pi$  рад, поэтому  $0,5^\circ = 0,5 \cdot \frac{\pi}{180} \approx 0,0087 \ \text{рад} \approx \frac{1}{115}$ .

 **Запомни:** угол в  $0,5^\circ$  означает, что расстояние до объекта примерно в 115 раз больше его диаметра. Значит, до Луны  $\approx 115$  её диаметров, до Солнца —

тоже  $\approx 115$  его диаметров (у них почти одинаковый угловой размер — потому и бывают полные затмения!).

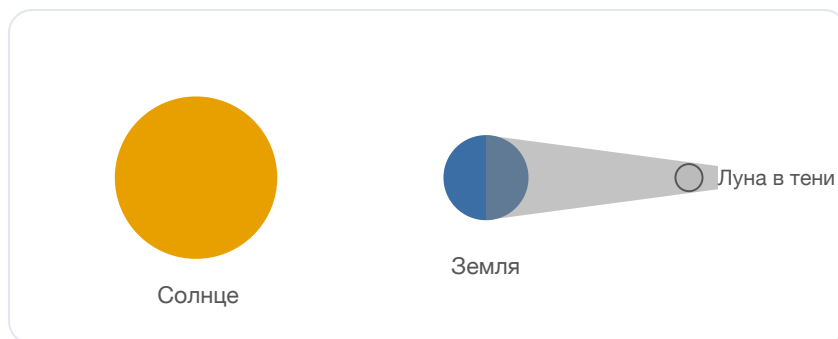
🤔 **А знаешь ли ты?** То, что Луна и Солнце видны с Земли почти под одним углом, — счастливое совпадение. Солнце в 400 раз больше Луны, но и в 400 раз дальше. Поэтому Луна во время затмения точно закрывает диск Солнца. В других планетных системах такого могло и не быть.

### Затмение: тень Земли выдаёт размеры

Во время **лунного затмения** Луна входит в тень, которую отбрасывает Земля. Древние (Аристарх Самосский) заметили: земная тень в том месте, где сквозь неё проходит Луна, по ширине примерно **в 2,5–3 раза больше** самой Луны.

Тень Земли на расстоянии Луны чуть сужается (Солнце не точка), но грубо это говорит: **Земля заметно больше Луны**. Аккуратный анализ даёт, что диаметр Луны примерно **вчетверо меньше** диаметра Земли.

Проверим с современными числами: радиус Земли 6371 км, радиус Луны 1737 км. Отношение:  $\frac{6371}{1737} \approx 3{,}7 \approx 4$ . Сходится! А раз радиус Земли мы уже знаем из урока 2 ( $\approx 6400$  км), то отсюда сразу получаем радиус Луны:  $R_{\text{Луны}} \approx \frac{6400}{3{,}7} \approx 1740 \text{ км}$ .




### Параллакс: прямой способ дотянуться до Луны

**Параллакс** — это смещение видимого положения предмета, когда ты смотришь на него из разных точек. Закрой один глаз, вытяни палец, смотри на дальнюю

стену — палец «прыгает» на фоне стены, когда меняешь глаз. Чем ближе палец, тем сильнее прыжок.

Так же с Луной. Наблюдатели из двух далёких городов видят Луну чуть **на разном фоне звёзд**. Зная расстояние между городами (базу)  $b$  и измерив угол смещения  $p$ , получаем расстояние:  $D \approx \frac{b}{p} \ (\text{рад})$ .


Для Луны база в тысячи километров даёт заметное смещение — доли градуса. Отсюда и получается  **$D \approx 384\ 000$  км**.

 Параллакс — это универсальный «дальномер» астрономии. Для Луны берут базу в размер Земли, для звёзд — базу в размер земной орбиты (об этом урок 4). Идея одна и та же.

### Собираем ответ

Два независимых пути ведут к одному:

- Расстояние до Луны  **$D \approx 384\ 000$  км**  $\approx 60$  радиусов Земли.
- Угловой размер  $0,5^\circ$  тогда даёт диаметр Луны:  $d = \theta \cdot D \approx 0,0087 \cdot 384\ 000 \approx 3340$  км, то есть радиус  $\approx 1670$  км. С учётом грубости  $0,5^\circ$  это отлично согласуется с  $1740$  км.

 **Запомни:** до Луны  $\approx 384\ 000$  км ( $\approx 60 R_\oplus$ ), радиус Луны  $\approx 1740$  км ( $\approx \frac{1}{4}$  земного). Свет от Луны идёт к нам чуть больше секунды.

### Разбор примера

**Задача.** Луна видна под углом  $0,5^\circ$ , расстояние до неё  $384\ 000$  км. Найди диаметр Луны.

**Решение.** Переводим угол в радианы:  $\theta = 0,5^\circ \cdot \frac{\pi}{180} \approx 0,0087$  рад. Диаметр = угол  $\cdot$  расстояние:  $d = \theta \cdot D \approx 0,0087 \cdot 384\ 000 \approx 3340$  км. Настоящий диаметр Луны  $3474$

км. Разница — из-за того, что мы округлили угол до  $0,5^\circ$  (точнее  $0,52^\circ$ ). Порядок и величина верны.

## Задачи

1. Переведи в радианы:  $1^\circ$ ,  $0,5^\circ$ ,  $2^\circ$ . (Подсказка:  $180^\circ = \pi$  рад.)
2. Расстояние до Луны 384 000 км, радиус Земли 6400 км. Во сколько радиусов Земли «улетела» Луна?
3. Угловой размер Солнца тоже  $\approx 0,5^\circ$ , а расстояние до Солнца  $1,5 \cdot 10^8$  км. Оцени диаметр Солнца. Сравни с настоящим ( $1,4 \cdot 10^6$  км).
4. Земная тень на расстоянии Луны примерно в 2,6 раза шире Луны. Радиус Земли 6400 км. Грубо оцени радиус Луны (считай тень равной диаметру Земли).
5. Свет летит  $3 \cdot 10^8$  м/с. За сколько секунд свет (или радиосигнал) доходит от Земли до Луны? А туда и обратно?
6. Наблюдатель на Луне смотрит на Землю. Земля вчетверо больше Луны по диаметру, а расстояние то же самое. Под каким угловым размером он видит Землю? Во сколько раз она «крупнее» в его небе, чем Луна в нашем?
7. Два наблюдателя, разнесённые на 6400 км, видят Луну смещённой на фоне звёзд на угол  $\approx 0,95^\circ$ . Переведи угол в радианы и оцени расстояние до Луны по формуле  $D \approx b / \rho$ . Сравни с 384 000 км.
8. МКС летает на высоте  $\approx 400$  км над Землёй. Её «диаметр» (размер станции)  $\approx 100$  м. Под каким угловым размером (в градусах) видна МКС, когда проходит прямо над головой? Больше или меньше Луны?