

# Высота светила в кульминации: ключевые понятия и значение

Определение, расчёт и применение высоты светила в кульминации в астрономии и навигации.





## Историческая роль кульминации в познании небес

Еще в древних цивилизациях максимальная высота светил давала возможность ориентироваться во времени и пространстве. Эти знания служили основой для развития науки и мореплавания, оставляя влияние и в современных методах навигации.

# Определение и астрономическ ий смысл кульминации

Кульминация — момент максимального подъёма светила над горизонтом за сутки, совпадающий с его проходом через местный меридиан.

Различают верхнюю кульминацию, когда светило достигает наивысшей точки, и нижнюю — когда оно находится в минимальной высоте.

Это явление связано с вращением Земли вокруг своей оси, создавая ежедневный путь светил по небу.

# 360°

**обеспечивает полный оборот  
линии меридиана, через  
которую проходит светило,  
определяя момент  
кульминации.**

Астрономический меридиан — это полноразмерная воображаемая линия, соединяющая северный и южный точки горизонта, проходящая через зенит.

# Калькуляция высоты светила: влияние широты

## Формула и её элементы

Высота светила в кульминации вычисляется по формуле  $h = 90^\circ - |\varphi - \delta|$ , где  $\varphi$  — широта места, а  $\delta$  — склонение объекта.

## Связь широты и склонения с высотой

Чем ближе склонение светила к широте наблюдателя, тем выше оно поднимается над горизонтом в момент кульминации.



# Склонение светила: определение и важность



## Что такое склонение?

Склонение — угол, измеряемый от небесного экватора вверх или вниз, указывающий положение светила по вертикали в небесной сфере. Для Солнца он меняется в течение года, влияя на высоту кульминации.



## Значение склонения для наблюдений

Понимание склонения помогает предсказать видимое положение светила в разные сезоны. Максимальное склонение Солнца влияет на смену сезонов и длину светового дня.

# Сезонные изменения высоты Солнца в кульминации

21 июня Солнце достигает максимума высоты к северу, благодаря максимальному склонению  $+23,5^\circ$ , вызывая летнее солнцестояние.

21 декабря Солнце минимально поднимается над горизонтом, склонение достигает  $-23,5^\circ$ , что соответствует зимнему солнцестоянию.

В дни равноденствий (около 21 марта и 23 сентября) склонение Солнца близко к нулю, высота кульминации зависит только от широты места.

Эти циклы определяют изменение климата и продолжительности дня, влияя на природные и жизненные процессы.

## Практический расчет: пример для Санкт-Петербурга

Санкт-Петербург находится на широте  $60^\circ$  северной широты. В день летнего солнцестояния вычисляем высоту Солнца:  $90^\circ - |60^\circ - 23,5^\circ| = 53,5^\circ$ .

Это значит, что Солнце в кульминации почти наполовину высоты достигает над горизонтом, что отражается на длине дневного света и погодных условиях в городе.



# Динамика высоты Солнца в кульминации в Москве по месяцам

Диаграмма показывает плавное изменение высоты Солнца, отражающее сезонные колебания освещенности и тепла в столице России.

Максимальная высота Солнца приходится на летний месяц июнь, а минимальная — на декабрь, что влияет на климат и продолжительность дня.



Метеорологический центр Москвы,  
2023

# Сравнение высоты Солнца 21 июня и 21 декабря в городах России

| Город       | Широта | 21 июня (°) | 21 декабря (°) |
|-------------|--------|-------------|----------------|
| Москва      | 56,8°N | 56,7        | 9,7            |
| Владивосток | 43,1°N | 70,4        | 23,4           |
| Сочи        | 43,6°N | 70,9        | 23,9           |

Таблица показывает высоту Солнца в кульминации для трёх российских городов на разные сезоны, отражая географическую зависимость освещения.

Чем южнее город, тем выше максимальная высота Солнца летом и выше минимальная зимой.

Гидрометцентр РФ

# Кульминация звёзд: зависимости от координат



## Влияние склонения и широты

Высота звезды в кульминации определяется её склонением и широтой наблюдателя, что влияет на видимую максимальную высоту над горизонтом.



## Навигационные звезды

Полярная, Арктур и Сириус имеют характерные моменты кульминации, позволяя морякам и путешественникам ориентироваться в разное время года.



## Сезонные изменения видимости

Моменты кульминации звезд меняются в зависимости от сезона, что отражается на периодах их максимальной видимости в ночном небе.

# Кульминация Луны: особенности движения и высоты

## Наклон орбиты и влияние на высоту кульминации

Орбитальный наклон Луны к небесному экватору достигает примерно  $5^\circ$ , что приводит к значительным колебаниям её кульминационной высоты относительно горизонта. Это влияет на наблюдения и расчёты положений Луны в разные месяцы.

## Быстрые изменения склонения в лунном цикле

Из-за быстрого изменения склонения в течение лунного месяца высота кульминации Луна меняется значительно: в одни периоды она может достигать высокой точки, в другие — быть низкой над горизонтом, что отражается на её видимости.



## Верхняя (южная) и нижняя (северная) кульминации: различия

1

Верхняя кульминация — момент максимальной высоты светила, обычно южной части неба для наблюдателей в северном полушарии.

2

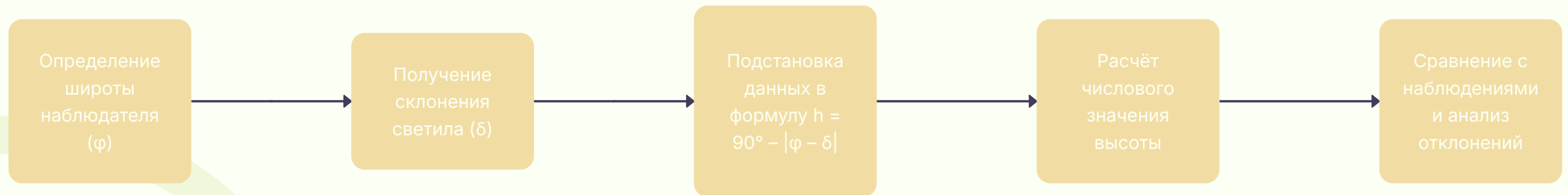
Нижняя кульминация происходит под горизонтом и невидима, однако для полярных звёзд может соответствовать минимальной видимой высоте над горизонтом.

3

Особое значение эти кульминации имеют для наблюдателей на высоких широтах, где видно значительные изменения положения светил на небе.

# Алгоритм расчёта высоты светила в кульминации

Этапы вычисления высоты светила для астрономических и навигационных целей



# Использование кульминаций в морской навигации



Кульминация светил служила основой для определения широты моряками с помощью секстанта и астрономических таблиц, что позволяло точно ориентироваться в открытом море без видимых ориентиров.

Исторические примеры: экспедиции Колумба и Джеймса Кука активно применяли эти методы для навигации и успешного плавания в неизвестных водах, обеспечивая безопасность и точность маршрута.

# Атмосферная рефракция и высота светила в кульминации



1

Рефракция атмосферы наиболее заметна у горизонта, искажая положение светила на значительный угол, который может достигать 34 угловых минут.

2

С увеличением высоты светила рефракционные искажения уменьшаются, достигая минимума в момент кульминации, что обеспечивает максимально точные числовые и визуальные данные.

3

В кульминации поправка на рефракцию редко превышает 1–2 угловых минут, позволяя астрономам получать достоверные измерения высоты светил.

# Экваториальные и полярные регионы: особенности кульминаций



## Кульминация светил на экваторе

На экваторе высота кульминации светил может достигать зенита, что создаёт уникальные условия для астрономических наблюдений и строительства предназначенных для этого обсерваторий.



## Явления в полярных регионах

В полярных широтах максимальная высота светил в кульминации близка к нулю. Летом наблюдается полярный день, когда Солнце не заходит за горизонт, описывая круговой путь в небе.

# Современные применения кульминационных наблюдений

Измерения высоты светил в кульминации применяются для точной калибровки наземных телескопов, улучшая качество астрономических данных.

При проектировании солнечных энергетических установок учитывается высота солнца в кульминации для оптимальной ориентации и максимальной эффективности.

Данные о кульминации используются для позиционирования спутников, обеспечивая стабильное функционирование космических аппаратов на орбите.

В геодезии такие наблюдения позволяют с высокой точностью определять координаты и создавать глобальные модели формы Земли.

## Астрономические инструменты для измерения высоты светил

- Классические приборы — секстанты, теодолиты и меридианные круги — оснащены лимбами для точного фикса определения высоты светил в момент кульминации.
- Современные технологии, включая GPS и электронные астрометрические комплексы, обеспечивают автоматический учёт параметров и значительно повышают точность наблюдений.



# Заключение: значение и перспективы изучения высоты светил в кульминации

Изучение высоты светил в кульминации важно для астрономии, навигации и геодезии; современные методы повышают точность, открывая новые возможности в науке и технологии.

