

Сумерки

- **Сумерки** — интервал времени, в течение которого Солнце находится под горизонтом, а естественная освещённость на Земле обеспечивается рассеиванием солнечного света в атмосфере и остаточным люминесцентным свечением самой атмосферы, вызываемым ионизирующими излучениями Солнца.
- В зависимости от максимального угла нахождения Солнца под горизонтом различают гражданские, навигационные и астрономические сумерки.

Сумерки	Угол нахождения Солнца под горизонтом
гражданские	от $0^{\circ}50'$ до 6°
навигационные	от 6° до 12°
астрономические	от 12° до 18°

Гражданские – можно наблюдать ярчайшие небесные светила, на открытом месте можно выполнять любые работы без искусственного освещения.

Обычно это 20-30 мин до восхода Солнца или после его захода.

Навигационные – хорошо видны все навигационные звёзды, но всё ещё видна линия горизонта.

Астрономические – всё небо уже полностью тёмное, можно проводить наблюдения небесных светил. Вечерние сумерки заканчиваются с наступлением полной темноты, когда на небе появляются самые слабые звёзды.

Уравнение захода (восхода) верхнего края солнца с учетом рефракции

$$\cos \omega_o = \frac{\sin a - \sin \phi \times \sin \delta}{\cos \phi \times \cos \delta}$$

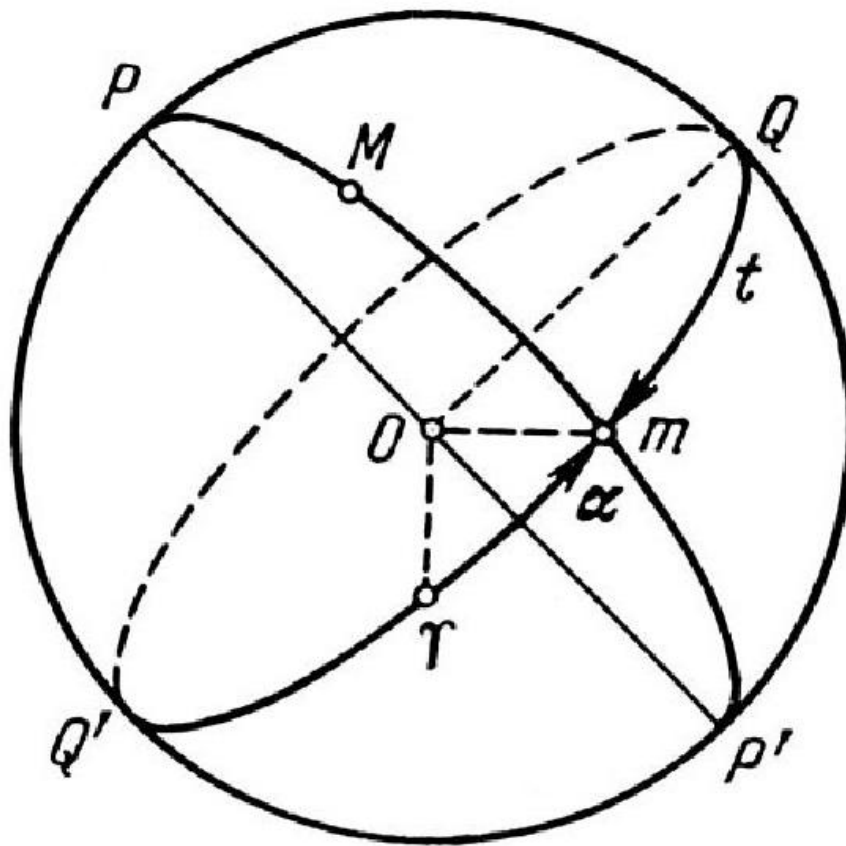
С высотой (а) центра солнечного диска примерно равной -0.83° (или -50 угловых минут).

ω_o — часовой угол Солнца при **восходе** (если взято *отрицательное* значение) или **закате** (если взято *положительное* значение);

ϕ — **географическая широта** наблюдателя на Земле;

δ — **склонение** Солнца.

Звёздное время



α – прямое восхождение

t – часовой угол

Звёздное время:

$$S = \alpha + t$$

PP' - ось мира; QmQ' - небесный экватор; M - звезда
 $PMmP'$ - круг склонения (часовой круг); PQP' - неб. меридиан

Угловое расстояние, измеренное вдоль небесного экватора на запад от небесного меридиана (той его части, которую светила пересекают в момент верхней кульминации) до часового круга, проходящего через избранную точку на небесной сфере – **часовой угол**.

Звёздное время

- Промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями звезды равен периоду вращения Земли – **звёздные сутки**.
- За время поворота Земли на 360° часовой угол любой звезды также меняется на 360° , поэтому можно было бы измерять звёздное время часовым углом какой-либо звезды.
- Однако принято измерять звёздное время часовым углом точки весеннего равноденствия, т.к. ее экваториальные координаты равны нулю, и она лежит на пересечении плоскости небесного экватора и эклиптики.

$$S = t_\gamma$$

- В момент верхней кульминации светила его часовой угол 0

звездное время $S = \alpha$

- Если часовой угол светила t , то звездное время

$$S = \alpha + t$$

Солнечное время

- Истинное солнечное время измеряется часовым углом Солнца, увеличенным на 12 ч:

$$T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h$$

- Истинные солнечные сутки продолжительнее звёздных на 4 мин
- Среднее экваториальное солнце – математическая точка, которая равномерно перемещается по небесному экватору (в том же направлении, как Солнце по эклиптике). Среднее солнце находится вблизи Солнца, то обгоняя, то отставая от него.
- Среднее время измеряется часовым углом среднего солнца плюс 12 ч:

$$T_{\lambda} = t_m + 12^h$$

- Уравнение времени устанавливает связь между этими системами счета времени (публикуется в АК) :

$$\eta = T_{\lambda} - T_{\odot}$$

Задача 1

- Оцените, сколько времени длится в некотором пункте заход Солнца (т.е. время от первого до последнего касания горизонта солнечным диском).
- Широта пункта $\varphi = 55^{\circ}30'$ с.ш., долгота $\lambda = 37^{\circ}15'$ в.д., угловой диаметр солнечного диска $2\rho = 32'$.

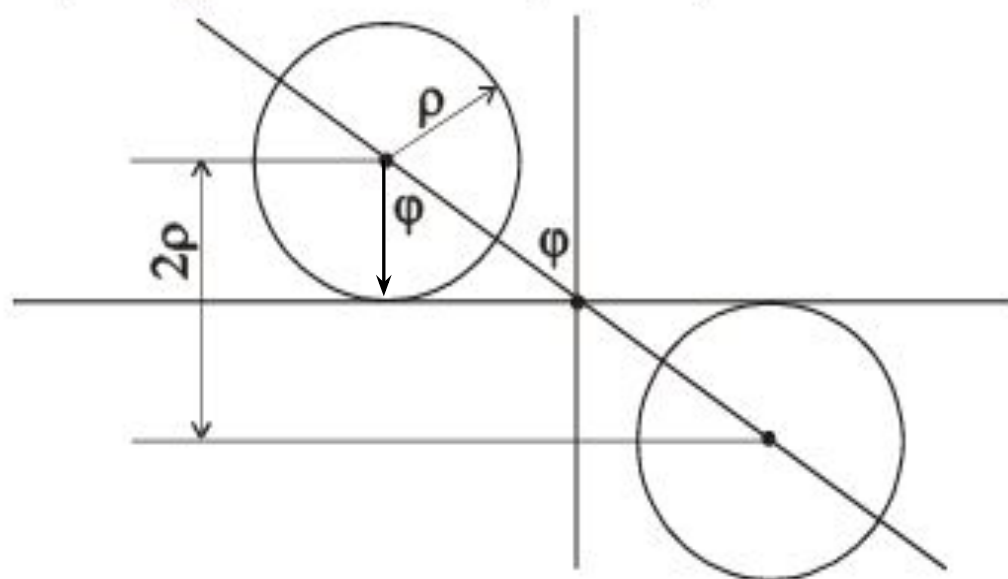
Как видно на рисунке, за то время, пока солнечный диск пересекает линию горизонта, Солнце по небосклону проходит угловое расстояние

$$l = \frac{2\rho}{\cos\varphi},$$

где ρ – угловой радиус Солнца. Соответственно, заход будет длиться время

$$t = l/u,$$

где u – величина скорости движения Солнца по небу.

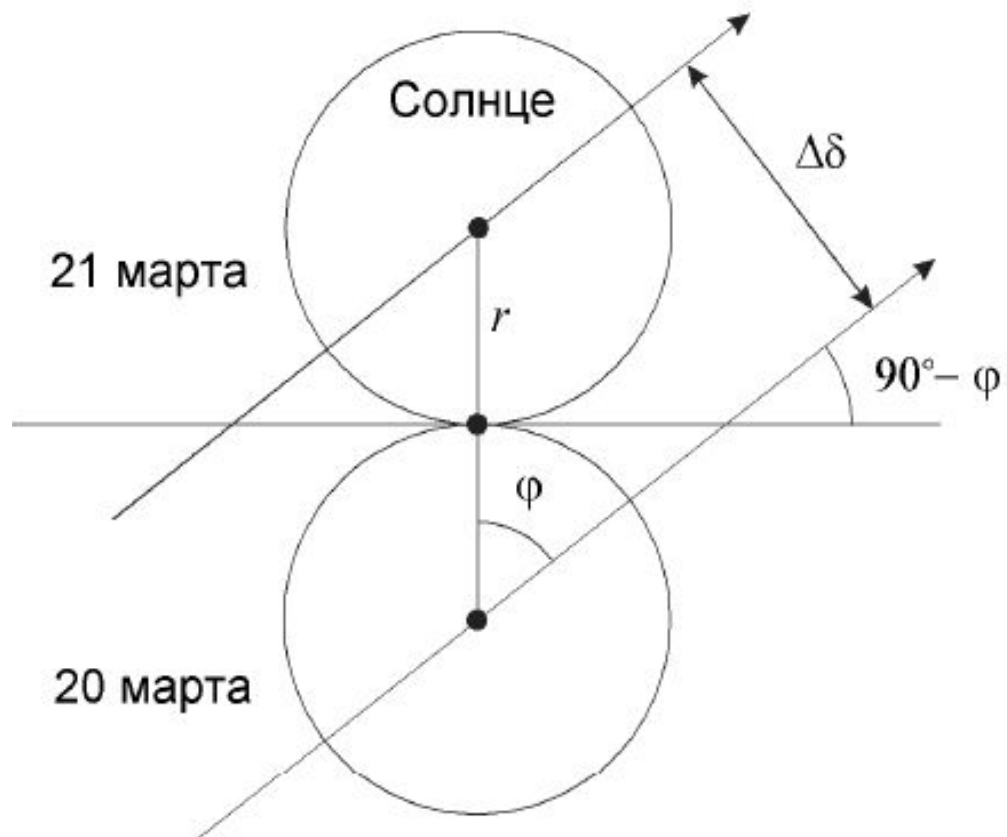


Величина u составляет 15° в час, из чего получаем, что заход Солнца на данной широте будет длиться примерно 3.8 минуты.

Задача 2

- В некотором пункте Земли утром 21 марта Солнце оторвалось от горизонта в той же точке, где 20 марта появился его первый луч. Найти широту пункта наблюдения. Атмосферной рефракцией пренебречь.

Решение



За одни сутки Солнце в своем видимом годичном движении смещается вдоль эклиптики на угол

$$l = 360^\circ \frac{t}{T} = 0.986^\circ.$$

Здесь t – продолжительность солнечных суток, T – продолжительность тропического года. Движение Солнца происходит под углом ε к эклиптике, равным 23.4° . За один день склонение Солнца увеличится на величину

$$\Delta \delta = l \sin \varepsilon = 0.392^\circ$$

Как видно из рисунка, широта места наблюдения составляет

$$\varphi = \arcsin \frac{\Delta \delta}{2r},$$

где r – угловой радиус Солнца, который с учетом даты наблюдения можно вычислить исходя из среднего расстояния Земли от Солнца. Угловой радиус Солнца составляет 0.266° , а широта места наблюдения – 47° .

Задача 3

- Какова продолжительность восхода Солнца в день весеннего равноденствия для первого наблюдателя на поверхности Земли и второго наблюдателя в самолете, летящем горизонтально со скоростью 250 м/с относительно поверхности на малой высоте в направлении с востока на запад? Считайте, что оба наблюдателя находятся на широте 60 градусов. Рефракцией пренебречь.