УДК 37.016:521.91

Белошапка А.Я., Попов О.К.

[1] *старший преподаватель кафедры физики, ГВУЗ «ДГПУ»*

[2] *учитель физики и астрономии, Славянская ООШ № 15*

e-mail: beloshapka_al@mail.ru, neonate13@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАЛЛАКТИЧЕСКОГО ТРЕУГОЛЬНИКА ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КООРДИНАТ

В данной работе показана возможность использования сферической геометрии на сфере в астрономии. Речь пойдёт о преобразовании горизонтальной системы координат в экваториальную с помощью паралактического треугольника и целесообразности его применения в школе. Разработана программа в среде Delphi, позволяющая проводить эти преобразования автоматически.

Ключевые слова: *параллактический треугольник, геометрия на сфере, система координат*

Введение

Небесные координаты использовались уже в глубокой древности. Описание некоторых систем содержится в трудах древнегреческого мыслителя Эвклида (около 300 до н. э.). Опубликован в «Альмагесте» Птолемея звездный каталог содержит положения 1022 звезд в эеклиптической системе небесных координат.

Наблюдения изменений небесных координат привели к величайшим открытиям в астрономии, которые имеют огромное значение для познания Вселенной. К ним относятся явления прецессии, нутации, аберрации, параллакса и другие [1].

Изучение небесных координат помогает решать задачи измерения времени, определять географические координаты земной поверхности, исследовать неравномерности вращения нашей планеты. Широкое применение находят небесные координаты при составлении различных звездных каталогов, при изучении истинных движений небесных тел – как природных, так и искусственных – в небесной механике и астродинамике и при изучении пространственного распределения звезд в проблемах звездной астрономии.

Для определения положения любого объекта в просторные нужно задать систему координат, в которой положение объекта можно было бы однозначно описать определенным набором числовых значений. В общем случае система координат задается положением ее центра, расположением координатных осей и единицей (или несколькими единицами), с помощью которых подаются числовые значения, описывающих положение объекта [1]. Систему небесных координат определяют в зависимости от задачи, которая решается. Но по сути все системы небесных координат, что с древних времен и до сегодняшнего дня используются в астрономии, являются сферическими полярными.

Основная часть

В астрономии для наблюдения светил чаще всего используют горизонтальную и экваториальную системы координат – рис. 1, 2.

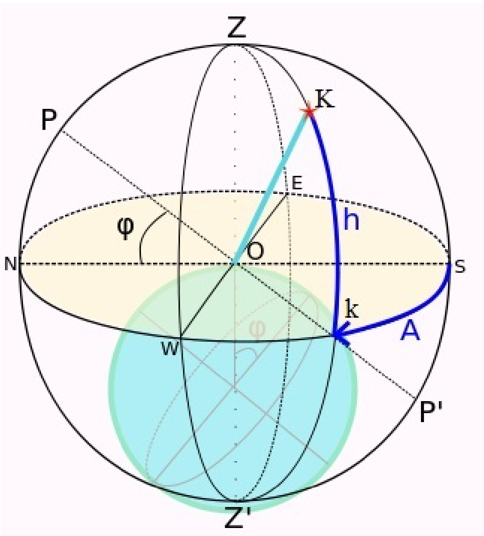


Рис. 1: Горизонтальная система координат

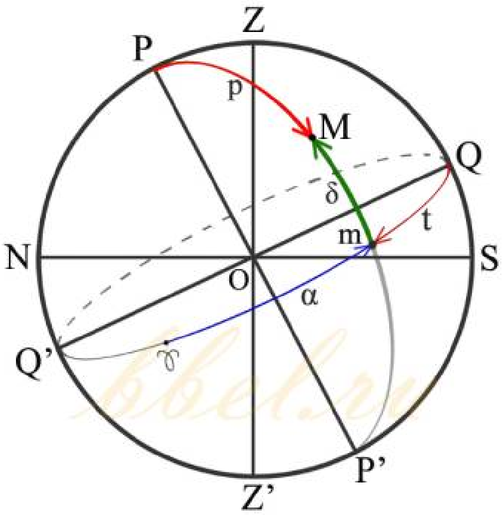


Рис. 2: Экваториальная система координат

Горизонтальная система координат [1], – это система небесных координат, в которой основной плоскостью является плоскость математического горизонта, а полюсами – зенит и надир. Она применяется при наблюдениях звёзд и движения небесных тел Солнечной системы на местности невооружённым глазом, в бинокль или телескоп с азимутальной установкой [1]. Горизонтальные координаты не только планет и Солнца, но и звёзд непрерывно изменяются в течение суток ввиду суточного вращения небесной сферы.

Экваториальная система координат — одна из систем небесных координат. В этой системе основной плоскостью является плоскость небесного экватора. Одной из координат при этом является склонение δ (реже – полярное расстояние p). Другой координатой может быть:
— часовой угол t (в первой экваториальной системе координат),
— прямое восхождение α (во второй экваториальной системе координат).

Преобразование координат

При решении многих задач практической астрономии приходится осуществлять переход от одной системы координат к другой и обратно. Эта операция выполняется при помощи сферической тригонометрии, для чего необходимо уметь решать так называемые сферические треугольники. Поэтому прежде рассмотрим основные понятия и начала математического аппарата сферической тригонометрии, после чего применим эту информацию к решению поставленной задачи [4].

Элементы сферической геометрии

Сферическим треугольником называется фигура на поверхности сферы, образованная пересечением трёх дуг больших кругов этой сферы (рис. 3). Вершины сферического треугольника принято обозначать большими буквами латинского алфавита, а противолежащие этим сторонам угла – соответственно малыми буквами [5].

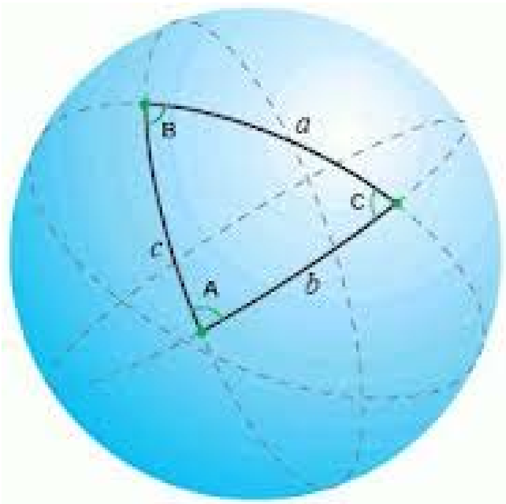


Рис. 3: Сферический треугольник

Косинус одной стороны сферического треугольника равен сумме произведения косинусов двух других его сторон и произведения синусов тех же сторон на косину угла между ними [1]:

$$\begin{cases} \cos(a) = \cos(b)\cos(c) + \sin(b)\sin(c)\cos(A) \\ \cos(b) = \cos(a)\cos(c) + \sin(a)\sin(c)\cos(B) \\ \cos(c) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)\cos(C) \end{cases}$$

Синусы сторон сферического треугольника пропорциональны синусам противолежащих им углов:

$$\frac{\sin(a)}{\sin(A)} = \frac{\sin(b)}{\sin(B)} = \frac{\sin(c)}{\sin(C)} = const.$$

Синус стороны сферического треугольника, умноженный на косинус прилежащего угла, равен произведению синуса другой стороны, ограничивающей прилежащий угол, на косинус третьей стороны минус косинус стороны, ограничивающей угол, умноженный на произведение синуса третьей стороны на косинус угла, противолежащего первой стороне [1]:

$$\begin{cases} \sin(a)\cos(C) = \sin(b)\cos(c) - \cos(b)\sin(c)\cos(A) \\ \sin(b)\cos(A) = \sin(c)\cos(a) - \cos(c)\sin(a)\cos(B) \\ \sin(c)\cos(B) = \sin(a)\cos(b) - \cos(a)\sin(b)\cos(C) \\ \sin(a)\cos(B) = \sin(c)\cos(b) - \cos(c)\sin(b)\cos(A) \\ \sin(b)\cos(C) = \sin(a)\cos(c) - \cos(a)\sin(c)\cos(B) \\ \sin(c)\cos(A) = \sin(b)\cos(a) - \cos(b)\sin(a)\cos(C) \end{cases}$$

Переход от горизонтальных координат к экваториальным

В основе преобразований экваториальных координат в горизонтальные и наоборот лежит сферический треугольник PZM, который называется параллактическим. Вершинами его являются зенит Z, полюс мира P и светило M [1]. Сторона ZP представляет собой дугу небесного меридиана, сторона ZM – дугу вертикального круга, а сторона PM – дугу часового круга. Угол q треугольника называется параллактическим углом

Если светило находится в западном полушарии небесной сферы, то сторона $ZP = 90^0 - \delta$, а сторона $ZM = z = 90^0 - h$, где z – зенитное расстояние, h – высота светила. Сторона $PM = p = 90^0 - \delta$, где p – полярное расстояние, δ – склонение светила. Угол $PZM = 180^0 - A$, где A – азимут. Угол $ZPM = t$, где t – часовой круг светила, а угол $PMZ = q$, где q – параллактический угол.

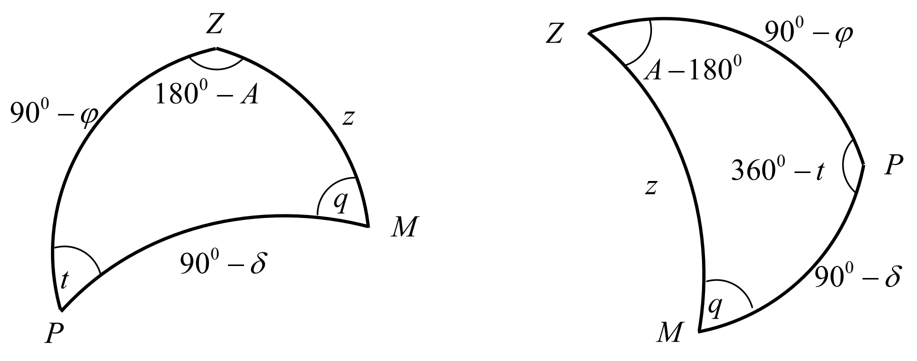


Рис. 4: Параллактический треугольник

В [2] показанао, что применяя основные формулы сферической тригонометрии к параллактическому треугольнику, беря за основу сторону PM и угол t, можно получить:

$$\begin{cases} \sin(\delta) = \sin(\phi)\cos(z) - \cos(\phi)\sin(z)\cos(A) \\ \cos(\delta)\sin(t) = \sin(z)\sin(A) \\ \cos(\delta)\cos(t) = \cos(\phi)\cos(z) + \sin(\phi)\sin(z)\cos(A) \end{cases}$$

Эти формулы применяются для перехода от горизонтальных координат к экваториальным. Рассчитываются δ и t, а потом $\alpha = s - t$, по известному зенитному расстоянию и азимуту в момент звездного времени s. Если нужно рассчитать зенитное расстояние и азимут по известным s, φ, α, δ, то эти формулы имеют вид:

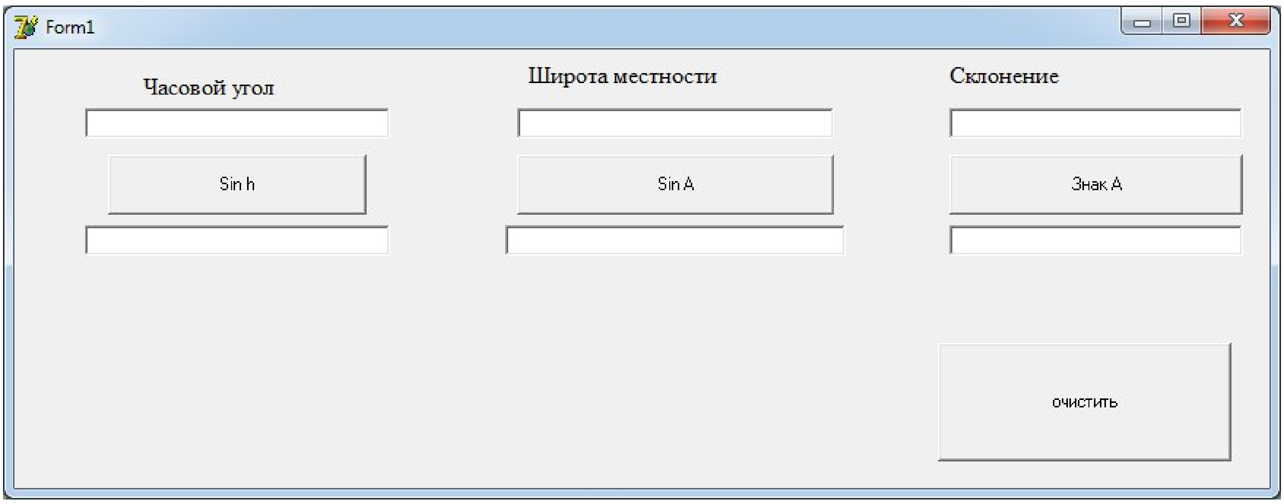
$$\begin{cases} \cos(z) = \sin(\phi)\sin(\delta) - \cos(\phi)\cos(\delta)\cos(t) \\ \sin(t)\sin(A) = \cos(\delta)\sin(t) \\ \sin(z)\cos(A) = -\cos(\phi)\sin(\delta) + \sin(\phi)\cos(\delta)\cos(t) \end{cases}$$

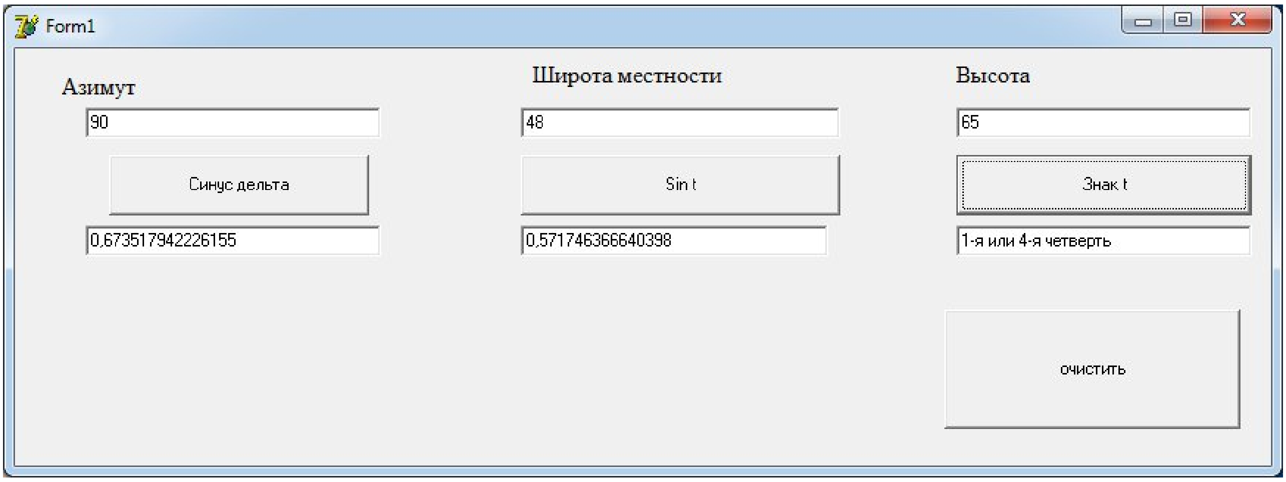
Формулы используются для расчета моментов времени восхода и захода светил и азимутов точек восхода и захода.

Программа для перехода от горизонтальных координат к экваториальным

Нами также была создана программа для облегчения математического расчета при переходе от горизонтальной системы координат к экваториальным и наоборот. Эта программа выполнена в среде Delphi. Она проста в обращении и имеет очень простой интерфейс.

Принцип прост: в пустые поля вносим известные нам координаты светила, затем нажимая на кнопки: $\sin(A), \sin(t), \sin(h)$ получаем координаты светила в другой системе.





Выводы

В работе рассмотрен переход от горизонтальных координат к экваториальным. Эта задача очень важна как с точки зрения астрономии, так и с точки зрения методики обучения астрономии.

Во-первых метод перехода основан на использовании сферической геометрии (параллактический треугольник), т.е. возникает возможность использовать данный материал в школе на факультативах или в классах с углубленным изучением математики. *Во-вторых* можно показать связь астрономии, математики и информатики, на основе составления простейших программ для облегчения математических расчетов.

Мы считаем что данная статья поможет в дальнейшем поставить астрономию, как науку на более высокий уровень, так же показать важность выше изложенного материала с практической точки зрения(преподавание астрономии в школе, использование программы для расчета координат светил).

Литература

[1] *Андрієвський С.М.* Курс загальной астрономії: Навчальний посібник / С.М. Андрієвський, І.А. Климишин. — Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

[2] *Климишин И.А.* Элементарная астрономия / И.А. Климишин. — М.: Наука, 1991. — 464 с.

[3] *Климишин И.А.* Астрономия наших дней / И.А. Климишин. — М.: Наука, 1986. — 560 с.

[4] *Климишин І.А.* Астрономія: підручник 11 клас / І.А. Климишин, І.П. Крячко. — К.: Знання України, 2002. — 192 с.

[5] *Пришляк М.П.* Астрономія: 11 кл. / М.П. Пришляк. — Х.: Ранок, 2011. — 160 с.