

Кафедра общей и теоретической физики

А. Стратулат<sup>1</sup>

## Определение склонения небесного тела по данным двух измерений его горизонтальных координат

(научно-исследовательская работа)

### Аннотация

В данной работе сформулирован новый метод определения склонения ( $\delta$ ) объекта по данным горизонтальных координат и широты места наблюдения. Выполнен расчет формулы для  $\delta$  и абсолютной погрешности его определения, полученные результаты исправлены за рефракцию. Представлен алгоритм определения истинного значения  $\delta$  среди полученных корней. Выполнен численный анализ полученных результатов с использованием данных наблюдений Юпитера. Показано, что погрешность определения  $\delta$  уменьшается с ростом высоты объекта в силу уменьшения влияния рефракции и уменьшения ошибки прибора. Погрешность относительно небольшая, составляет 3 – 4% и может быть уменьшена посредством увеличения количества измерений. Полученные результаты надежно согласуются с данными компьютерной программы *Orbits 3.0* и астрономического календаря.

Комментарии: работа выполнена под научным руководством старшего преподавателя кафедры общей и теоретической физики СамГУ, к.ф.-м.н., Филиппова Ю.П.<sup>2</sup> и представлена на Самарской областной конференции научно-исследовательских работ школьников в 2008 г.



Работа выставлена на **ASTRODROME**: 24.01.2008

---

<sup>1</sup>E-mail:

<sup>2</sup>E-mail:yuphil@ssu.samara.ru

# Оглавление

<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>1 Теоретические основы сферической астрономии и фундаментальной астрометрии</b>	<b>6</b>
1.1 Основные задачи сферической астрономии и фундаментальной астрометрии . . . . .	6
1.2 Небесная сфера: ее основные точки, линии и круги . . . . .	10
1.3 Сферические системы координат . . . . .	14
1.4 Сферический треугольник. Основные формулы сферической тригонометрии . . . . .	17
1.5 Параллактический треугольник. Перевод систем координат . .	21
1.6 Классический метод определения склонения небесного тела и широты места наблюдения . . . . .	22
<b>2 Альтернативный метод определения склонения небесного тела</b>	<b>25</b>
2.1 Расчет склонения небесного тела по данным двух измерений его горизонтальных координат . . . . .	25
2.2 Расчет ошибки определения склонения . . . . .	27
2.3 Другие факторы, искажающие значение склонения . . . . .	29
<b>3 Обработка данных эксперимента. Численный анализ результатов</b>	<b>32</b>
3.1 Основные инструменты эксперимента и их характеристики . . .	32
3.2 Результаты и анализ . . . . .	34
<b>Заключение</b>	<b>38</b>
<b>Литература</b>	<b>40</b>
<b>Приложения</b>	<b>42</b>
А. Обработка данных эксперимента . . . . .	42

# Введение

Актуальность работы. Положение всякого небесного тела на всех картах звездного неба принято задавать двумя параметрами –  $(\delta, \alpha)$  – координатами второй экваториальной системы координат [1]. Зная только эти параметры, можно однозначно определить положение исследуемого объекта среди звезд, туманностей, скоплений и галактик.

Особенно важное значение имеет координата  $\delta$  – склонение светила. Лишь зная данный параметр для исследуемого небесного тела и широту места наблюдения  $\varphi$ , можно ответить на целую серию вопросов, интересующих любого, кто серьезно намерен провести серию целенаправленных наблюдений этого объекта. Например, виден ли когда-либо в данном месте наблюдения интересующий нас объект? Если виден, то каково время его видимости? Является ли данный объект заходящим или незаходящим? Каковы азимутальные расстояния точек восхода и захода тела? Каковы зенитные расстояния тела в моменты верхней и нижней кульминации? И другие вопросы. Лишь зная ответы на все эти вопросы, астроном может построить оптимальную программу наблюдений данного небесного тела.

Кроме того, как было показано в работе [2], склонение небесного тела играет принципиально важную роль в определении его видимых угловых масштабов с использованием метода дрейфа.

До появления компьютерных программ, позволяющих мгновенно получить ответы на многие из выше указанных вопросов, далеко не каждый астроном-любитель мог самостоятельно разобраться с этими вопросами. Нередко астрономы-любители сталкиваются с проблемой отсутствия численных данных для экваториальных координат интересующего их небесного тела, например, новой кометы.

Конечно, любой астроном-любитель может попытаться самостоятельно определить экваториальные координаты, используя классический метод определения экваториальных координат и широты места наблюдения [3, 4]<sup>3</sup>. Следует отметить, что данный метод характеризуется весьма высокой точностью. Однако, он не лишен недостатков.

---

<sup>3</sup>Следует сразу отметить, что объектом исследования настоящей работы является проблема определения склонения небесного тела.

- Для определения  $\delta$  необходимо измерить зенитные расстояния либо околополярных звезд, либо самого небесного тела в двух кульминациях. Эти измерения очень сложны, так как моменты наблюдений разделены двенадцатичасовым интервалом времени. Указанные небесные объекты уверенно видны на небосклоне более 12 часов с октября по март. Эти времена года характеризуются как относительно низкими температурами, так и высокой влажностью, опасными как для здоровья астронома-любителя, так и для самого инструмента.
- При определении  $\delta$  небесного тела необходимо знать его зенитные расстояния в верхней (нижней) кульминации, которые определяются строго в момент кульминации. Определение положения точки юга и выжидание момента кульминации небесного тела является весьма долгой и трудной экспериментальной процедурой.
- Применение данного метода весьма затруднительно для тел Солнечной системы, способных быстро перемещаться по небосводу, например, для комет, астероидов и ближайших планет. Проблема в том, что нам, к примеру, нужно знать склонение тела на какой-то определенный момент времени, который может значительно ( $\mathcal{O}(1\text{ч})$ ) отличаться от момента его кульминации. В течение промежутка времени, заключенного между указанными моментами, склонение тела может меняться на минуты дуги и эти изменения уже значительны. Следовательно, данным методом определить достаточно точно склонение таких объектов невозможно.

В связи с такой "уязвимостью" классического метода возникает объективная необходимость в использовании альтернативного абсолютного метода определения склонения небесного тела. Главное требование, выдвигаемое к такому методу, – простота и доступность в исполнении астрономом-любителем, с использованием лишь простейших инструментов. Проведенный автором подробный обзор литературы по данной тематике [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], доступной широкому кругу читателей, указал на отсутствие такого метода<sup>4</sup>.

В связи со сказанным, главной целью настоящей работы является разработка альтернативного метода определения склонения небесного тела по данным измерения его горизонтальных координат и построение последовательной, завершенной методики его практической реализации.

Согласно сформулированной цели, основными задачами настоящей работы являются следующие положения:

1. *Расчет склонения небесного тела как функции его горизонтальных координат, определенных в два близких момента времени.*

<sup>4</sup>Построение альтернативного метода, лишенного недостатков классического метода, и его апробация на эксперименте является предметом исследования настоящей работы.

2. Оценка точности альтернативного метода: вычисление полной погрешности определения склонения светила.

3. Обработка данных наблюдений классической планеты Юпитер, полученных научным руководителем. Проведение сравнительного анализа полученных результатов с данными компьютерных астропрограмм *RedShift3*, *Orbits3.0*.

Побочной задачей настоящей научно-исследовательской работы является освоение нами следующего программного обеспечения: системы аналитических вычислений *Mathematica5.0*; текстового процессора *MikTeX+WinEdt5.3*; программ-просмотрщиков *GhostScript+GSView 4.8*; программы для создания и обработки векторной графики *Corel Draw 12*. Мы используем пробные, ознакомительные версии этих программных продуктов.

Основными методами решения поставленных задач являются методы сферической астрономии, фундаментальной астрометрии, плоской геометрии Евклида и интегро-дифференциального исчисления.

Данная работа имеет следующую структуру.

В **первой главе** представлены элементы сферической астрономии и фундаментальной астрометрии. Изложен подробно классический метод определения склонения небесного тела.

Во **второй главе** подробно представлены решения поставленных теоретических задач и их анализ.

В **третьей главе** представлены данные экспериментальных наблюдений Юпитера. Представлен их алгоритм обработки, полученные результаты и сравнительный анализ с результатами компьютерных программ.

Резюме по проделанной работе представлено в **заключении**. Финальная часть работы содержит список использованных источников и приложения.