

Экспериментальное наблюдение аберрации света в инерциальной системе отсчета.

В.Е. Чередниченко¹, Москва 2009 г.

Целью эксперимента являлось наблюдение аберрации света (лат. aberratio - отклонение) в оптической системе покоящейся относительно Земли.

Около трех столетий астрономами наблюдается звездная аберрация света, обусловленная движением Земли вокруг своей оси (суточная аберрация), вокруг Солнца (годовая аберрация) и вокруг центра Галактики (вековая аберрация) [1].

Аберрация света представляет собой отклонение видимого положения источника света (например, звезды) от его фактического положения.

Раньше этот эффект объяснялся движением Земли в эфире.

В настоящее время он объясняется изменением пространственной проекции направления на наблюдаемый объект при переходе между разными системами отсчета, и если источник и приемник света находятся в одной инерциальной системе отсчета, то ни какой аберрации света не должно быть.

Практически, аберрация света в инерциальной системе отсчета наблюдается достаточно давно.

Аберрация света наблюдается при систематическом определении положение неподвижных источников света с помощью геодезических приборов [2]. Видимое положение источника света периодически смещается на величину до 8 “ угловых секунд.

Явление аберрации наблюдается при слежении за геостационарными спутниками[3].

Однако результаты этих экспериментов практически невозможно однозначно интерпретировать, поскольку на них влияет огромное количество факторов.

Для исключения влияния различных факторов (вибрации, гравитации, и т.п.) для проведения эксперимента была применена новая (а может и не новая) измерительная схема.

Способ наблюдения аберрации света состоит в том, что источник света и его приемник жестко закрепляются на одной оптической скамье, которая плавно поворачивается вокруг своей оси.

¹ Технический директор ЗАО «Днепр», vita@elkmail.ru

Оптическая скамья представляет собой полый цилиндр, у которого с противоположных концов жестко закреплены источник света и элемент, фиксирующий положение светового луча. Внутри цилиндра может быть закачан газ, или создан вакуум.

В качестве элемента фиксирующего положение светового луча используется матрица web-камеры (web-камера без объектива).

В качестве источника света используется полупроводниковый лазер с системой фокусировки.

Луч лазера проектируется на матрицу web-камеры в виде точки, не превышающей размеров матрицы, и наблюдается на экране компьютера. Результаты наблюдений фиксируются в виде цифровых фотографий.

Одна из фотографий представлена на фото 1.

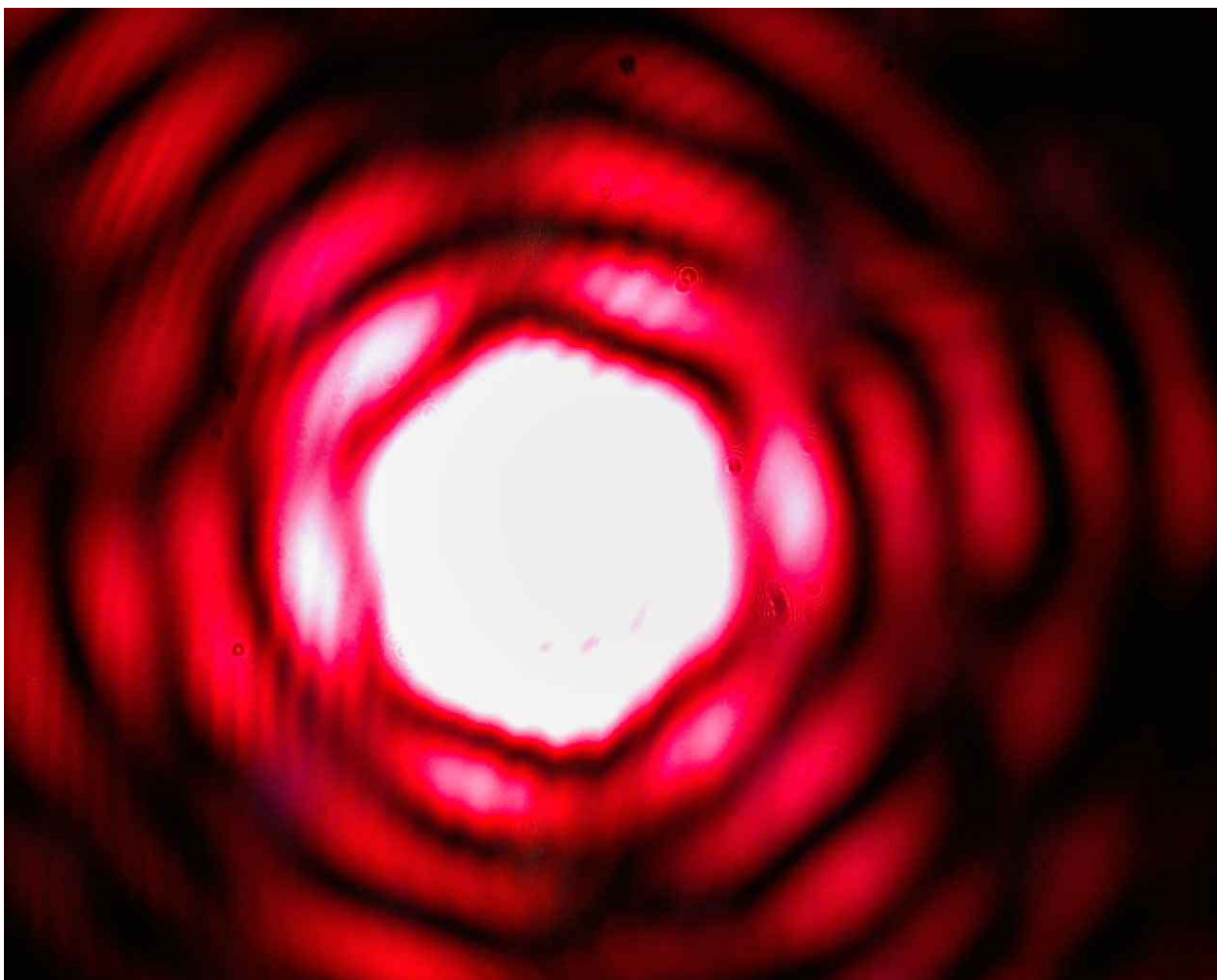


Фото 1.

Эксперимент состоит в измерении линейного отклонения светового луча при поворотах оптической скамьи вокруг своей оси.

Оптическая скамья подвешивается вертикально на длинной струне.

Поворот оптической скамьи осуществляется за счет скручивания струны.

Поворот на струне всегда происходит вокруг центра масс оптической скамьи, что не приводит к ее деформации и луч света не может отклоняться за счет ее изгиба.

Для исключения влияния натяжения проводов, между компьютером и web-камерой устанавливается беспроводное соединение. Все источники питания крепятся на оптической скамье.

При определенных углах поворота оптическая скамья останавливается и производится запись положения светового луча в виде цифровых фотографий. Таким образом, вращение оптической скамьи не оказывает ни какого влияния на результаты измерений.

При такой измерительной схеме луч света всегда распространяется вертикально и не может отклоняться за счет сил гравитации.

Оптическая скамья изготовлена из немагнитного материала, и луч света не может отклоняться за счет влияния магнитного поля Земли на оптическую скамью.

Чувствительность метода наблюдения аберрации света.

Чувствительность метода определяется разрешающей способностью web-камеры, размерами ее матрицы и расстоянием до источника света.

Кроме того, чувствительность метода зависит от диаметра светового луча. Диаметр светового луча должен быть существенно меньше размеров матрицы web-камеры. При использовании полупроводникового лазера с системой фокусировки, диаметр светового луча составляет 0,3 – 0,5 мм.

Типовые web-камеры имеют матрицу 1,3 мега пикселя с размерами 2*1,5 мм.

Таким образом, разрешающая способность web-камеры составляет 2 мкм.

Использование цифровой обработки изображения позволяет определять положение светового луча с точностью до 0,2 мкм.

При расстоянии до источника света в 1 метр, чувствительность метода составляет $2 \cdot 10^{-7}$ радиан, или 0,13 угловых секунд.

Такая высокая чувствительность, безусловно, может явиться причиной влияния различных факторов на результаты измерений.

Оценка ожидаемого результата

Орбитальная скорость Земли при ее вращении вокруг Солнца составляет 30000 м/с.

При размерах оптической скамьи порядка 1 метра должно наблюдаться смещение светового луча на расстояние $d=L \cdot V/C=10^{-4}$ м. Поскольку при поворотах оптической скамьи смещение должно происходить в обе стороны, общее смещение удваивается и составляет $2 \cdot 10^{-4}$ м. Для типовой матрицы это составит 100 пикселей.

Оценка влияющих факторов

Оценка влияния вращения Земли.

Землю конечно нельзя считать абсолютно инерциальной системой отсчета, поскольку она вращается вокруг своей оси и вокруг Солнца.

Однако, за время, в течение которого свет проходит расстояние в 1 метр, Земля успевает повернуться всего на $7,7 \cdot 10^{-14}$ радиан или $5 \cdot 10^{-8}$ угловых секунд. Эта величина существенно меньше чувствительности метода и ей можно пренебречь.

Оценка влияния гравитационного поля Земли.

Отклонение светового луча при горизонтальном расположении оптической скамьи будет составлять примерно $g \cdot t^2 / 2 = 5,5 \cdot 10^{-17}$ радиан, где t – время, в течение которого свет проходит расстояние в 1 метр. Эта величина существенно меньше чувствительности метода и ей можно пренебречь.

Основное влияние на положение светового луча оказывает изгиб оптической скамьи. Изгиб оптической скамьи может происходить в результате ее неравномерного нагрева. При проведении экспериментов вблизи оптической скамьи не должно быть источников тепла и света.

Поворот оптической скамьи должен происходить вокруг ее центра масс. С этой целью оптическая скамья подвешивается на длинной струне.

Оптическая схема установки первой экспериментальной представлена на рисунке 1.

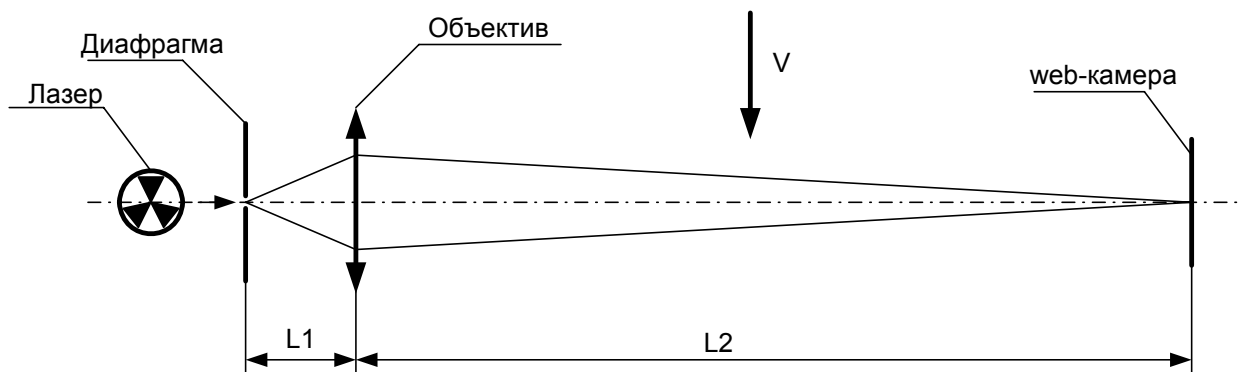


Рисунок 1.

Луч полупроводникового лазера пропускается через диафрагму с диаметром отверстия порядка 0,3 – 0,4 мм. Это позволяет уменьшить размеры изображения светового луча на матрице. Объектив служит для фокусировки светового луча на матрице.

Если предположить, что aberrация света обусловлена движением оптической скамьи со скоростью V в направлении перпендикулярном ее оси, то смещение светового луча в правом плече составит $d_2 = L_2 \cdot V / C$.

Однако aberrация света должна наблюдаться и в левом плече оптической скамьи.

Соответственно, смещение видимого положения диафрагмы составит: $d_1=L_1*V/C$.

Такое смещение видимого положения диафрагмы приведет к смещению светового луча на матрице на величину равную $X=d_1*L_1/L_2 =-d_2$

Или другими словами, ни какого видимого смещения положения светового луча на матрице происходить не будет. Что и было подтверждено многочисленными экспериментами.

В экспериментах была использована другая, «Г-образную» измерительная схема. Основная идея «Г-образной» схемы состоит в том, что левое плечо оптической скамьи поворачивается на угол 90 градусов при помощи зеркального отражателя или светоделительной головки. При этом скорость V в двух плечах оптической скамьи будет иметь разное направление по отношению к лучу.

Схема действующей установки показана на рисунке 2.

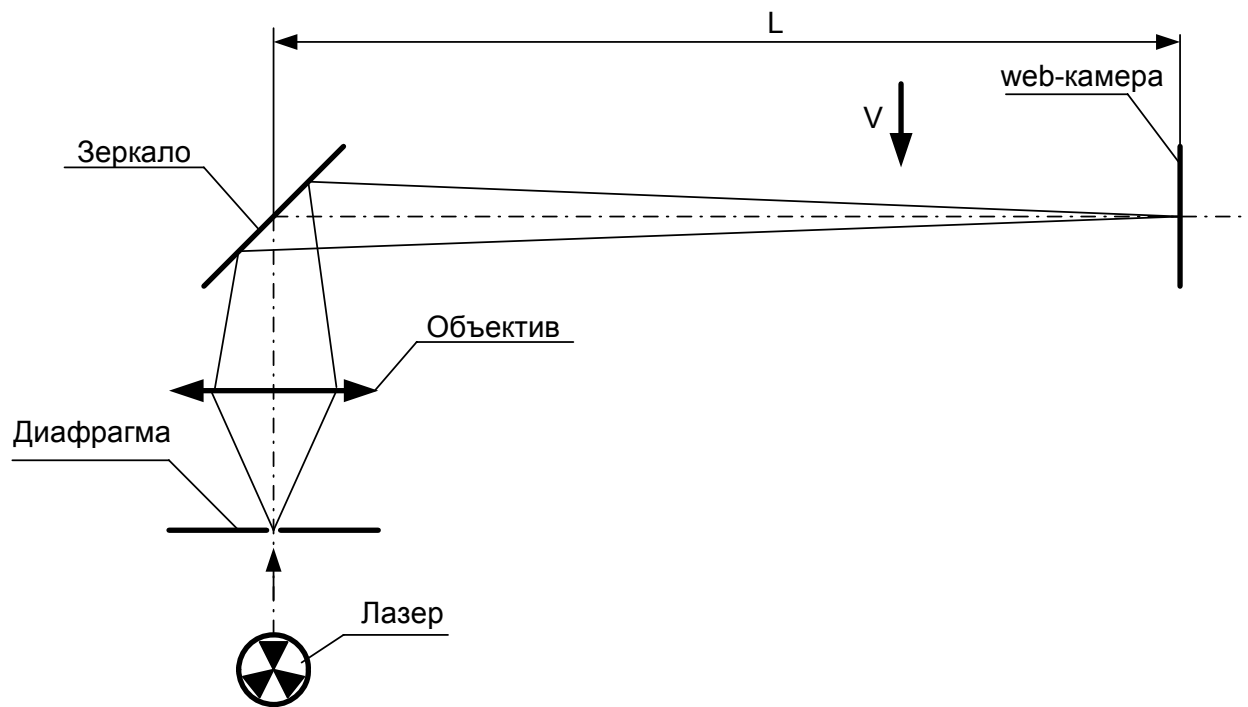


Рисунок 2.

При такой измерительной схеме aberrация света в нижнем плече не приведет к видимому смещению положения диафрагмы, а лишь слегка расфокусирует изображение на матрице.

В правом плече должно наблюдаться видимое смещение светового луча, которое ни как не может быть скомпенсировано aberrацией в левом плече.

Такая экспериментальная установка позволяет ни только определить величину aberrации, но и измерить направление движения.

Методика обработки результатов измерений.

Предположительно, луч света при одинаковых углах поворота должен попадать в одно и то же место на матрице.

Поскольку луч создает на матрице световое пятно, то его координаты определяются по интегральным значениям освещенности.

Разброс координат светового луча при одинаковых углах поворота показывает величину случайной составляющей или погрешности измерения.

Систематическое отклонение координат светового луча в зависимости от угла поворота указывает на существование эффекта сноса светового луча.

Теоретически, снос луча должен происходить в одном направлении.

Направление сноса луча может быть определено.

Методика измерений состоит в следующем:

1. Каждые два часа производится серия измерений и запись результатов измерений при разных углах поворота: 0; 90; 180 и 270 градусов.

2. Каждая серия содержит не менее 12 результатов.

3. Результаты измерений в каждой серии обрабатываются и сохраняются в виде таблиц.

4. Таблицы результатов измерений содержат дату проведения измерений, величину пульсации скорости, скорость и направление сноса луча.

5. По результатам измерений строятся графики зависимости скорости, и направления сноса луча от времени проведения эксперимента.

6. Для удобства сопоставления с результатами экспериментов других авторов данные представляются в виде скорости сноса светового луча.

7. Скорость сноса определяется по формуле:

$$V = \frac{\delta \times C}{2 \times L}, \quad (1)$$

Где δ - величина смещения светового луча;

C – скорость света;

L – длина измерительного плеча установки.

Результаты экспериментов.

Эксперименты проводились в деревне Тайдаково, Рязанская область, Шиловский район, в период с 24 по 26 августа 2009 года.

Результаты экспериментов сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Время Московское	Время звездное	Величина пульсации скорости, м/с	Величина скорости, м/с	Направление Скорости
12 (24.08.2009)	22	2424	1918	154
14	0	2884	1363	99
16	2	1687	688	148
18	4	1051	355	105
20	6	1298	475	107
22	8	3070	1754	64
24	10	1479	860	65
02 (25.08.2009)	12	1309	885	86
04	14	991	723	80
06	16	1298	638	164
08	18	1490	834	71
10	20	1652	1006	76
12	22	960	700	179
14	0	1775	618	50
16	2	978	485	129
18	4	1020	381	19
20	6	692	442	39
22	8	3076	2595	90
24	10	5917	4133	56
02 (26.08.2009)	12	6271	4870	53
04	14	3531	2137	36
06	16	2281	1710	50
08	18	1248	1192	118
10	20	1667	1188	66
12	22	1226	477	96
14	0	1913	622	212
16	2	2847	2326	197

Результаты экспериментов показывают, что ни какого явного эффекта не наблюдается. Величина пульсации скорости практически всегда превышает саму скорость.

Однако, наблюдается преобладающее направление сноса светового луча с запада на восток.

В этом направлении горизонтальная составляющая скорости Земли, обусловленная ее движением вокруг своей оси, на широте Рязани составляет 270 м/с, что более соответствует результатам экспериментов.

Дальнейшее увеличение чувствительности вряд ли поможет зафиксировать явление эфирного ветра, поскольку начнет проявляться эффект отклонения светового луча магнитным полем Земли.

Дальнейшие исследования планируется посвятить исследованию абберации света в магнитном поле.

Литература:

1. Блажко С. Н., Курс сферической астрономии, 2 изд., М., 1954; Куликов К. А., Фундаментальные постоянные астрономии, М., 1956.1.
2. Никитин Г. *Эксперимент по обнаружению отклонения луча света к Земле*, Севастополь, 2003.