

## ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

**Дополнение к статье**  
**"Квадратичный эффект Саньяка:**  
**влияние гравитационного потенциала силы Кориолиса**  
**на разность фаз в плечах**  
**вращающегося интерферометра Майкельсона**  
**(объяснение результатов экспериментов**  
**Д.К. Миллера 1921 – 1926 гг.)" (УФН 185 431 (2015))**

Г.Б. Малыкин, В.И. Позднякова

*Приводятся уточнение и дополнение к статье Г.Б. Малыкина и В.И. Поздняковой "Квадратичный эффект Саньяка: влияние гравитационного потенциала силы Кориолиса на разность фаз в плечах вращающегося интерферометра Майкельсона (объяснение результатов экспериментов Д.К. Миллера 1921–1926 гг.)" (УФН 185 431 (2015)), содержащие некоторые сведения относительно ранних работ, в которых рассматривалось влияние вращения на ненулевые результаты экспериментов Майкельсона–Морли.*

**Ключевые слова:** интерферометр Майкельсона, сила Кориолиса, гравитационный потенциал, орбитальное вращение Земли, эффект Синга–Гарднера

PACS number: 03.30.+p

DOI: 10.3367/UFNr.0185.201508h.0895

Из нашей работы [1] можно было заключить, что рассмотрение влияния вращения на ненулевые результаты экспериментов Майкельсона–Морли (М–М) и их дальнейших повторений было начато только в 2014 г. в работе [2]. В действительности, как показали наши самые последние изыскания, такие попытки предпринимались и ранее, правда, без особого успеха. Тем не менее такие попытки заслуживают внимания уже потому, что мысль этих исследователей работала в правильном направлении.

Первым обратил внимание на тот факт, что вращение влияет на результаты экспериментов М–М, ещё в 1898 г. австралийский физик У. Сазерленд (1859–1911) [3] (см. также его краткое сообщение [4]). У. Сазерленд показал, что вследствие орбитального движения Земли зеркала интерферометра Майкельсона (ИМ) успевают несколько повернуться за время прохождения света в плечах ИМ, что вызывает дополнительный сдвиг фазы. У. Сазерленд

в [3, 4] не приводит ни формул, ни численных оценок и высказывает только соображение, что рассмотренный им эффект должен ухудшать точность измерений экспериментов М–М.

В 1952 г. известный ирландский математик и физик Дж.Л. Синг (1897–1995) рассмотрел данный вопрос [5, 6], используя гипотезу другого ирландского математика, Дж. Гарднера (1926–2009) [7]. Гипотеза [7] являлась попыткой разрешения парадокса П. Эренфеста (1880–1933) о невозможности существования вращающегося абсолютно твёрдого тела в рамках специальной теории относительности (СТО). Дж. Гарднер предположил, что если на неподвижный круглый диск нанести сетку полярных координат, т.е. исходящие из центра диска радиусы и концентрические окружности, то при вращении диска окружности сохраняют свои размеры и форму, а радиусы искривятся в сторону, противоположную направлению вращения, наподобие рукавов спиральных галактик. Дж.Л. Синг на основе гипотезы сделал вывод [7], что если одно из плеч ИМ ориентировано по искривлённому радиусу диска, а другое — ортогонально ему, то возникнет дополнительная разность фаз в плечах ИМ, которая, по его мнению [5], должна составлять (в принятых нами обозначениях)

$$\Delta\Phi = \frac{L}{\lambda} \frac{\Omega R}{c} \sigma \sin(2\zeta), \quad (1)$$

Г.Б. Малыкин. Институт прикладной физики РАН, ул. Ульянова 46, ГСП-120, 603950 Нижний Новгород, Российская Федерация. E-mail: malykin@ufr.appl.sci-nnov.ru  
 В.И. Позднякова. Институт физики микроструктур РАН, ГСП-105, 603950 Нижний Новгород, Российская Федерация E-mail: vera@ipmras.ru

Статья поступила 6 апреля 2015 г.

где  $\sigma$  — отклонение оси вращения ИМ от вертикали,  $\zeta$  — угол между плечом ИМ, на котором установлен телескоп для наблюдения интерференционных полос, и направлением на северо-восток. Из (1) следует, что если ось вращения ИМ точно совпадает с вертикалью, то  $\sigma = 0$  и "эффект Гарднера–Синга" не должен проявляться. Отметим также, что в [6] приводится выражение для  $\Delta\Phi$ , в котором величина  $\Delta\Phi$  в два раза больше, чем в (1). Кроме того, в [6] приводится качественная иллюстрация данного явления с помощью мировых линий для двух световых импульсов, распространяющихся в прямом и обратном направлениях в плечах ИМ.

Предполагаемый "эффект Гарднера–Синга" является эффектом первого порядка по  $\Omega R/c$  и, в отличие от рассмотренного в работе [1] квадратичного эффекта Саньяка, пропорционального  $\Omega^2 R^2/c^2$ , он должен быть сравнительно весьма велик, поскольку для реальных условий  $\Omega R/c \ll 1$ . Дж.Л. Синг решил применить свои результаты для объяснения экспериментов Д.К. Миллера [8]. Для того чтобы величина  $\Delta\Phi$ , вычисленная по формуле (1), соответствовала результатам [8], Дж.Л. Сингу пришлось учитывать только вращение Земли вокруг своей оси и положить  $\sigma = 1,6 \times 10^{-3}$  рад [6].

В том же 1952 г. известные английские физики Р.В. Дитчбёрн и О.С. Хевенс провели экспериментальную проверку "эффекта Гарднера–Синга" [9]. Они закрепили ось ИМ в патроне сверлильного станка под углом  $\sigma = 45^\circ$  к горизонту и, поворачивая ИМ вокруг оси, изменяли угол  $\zeta$ . Разумеется, никакого "эффекта Гарднера–Синга" не было обнаружено [9]. Причина этого заключается в ошибочности гипотезы Дж. Гарднера [7], рассмотрение которой выходит за рамки данного дополнения.

Тем не менее в 1956 г. Дж.Л. Синг вернулся к рассмотрению "эффекта Гарднера–Синга" на уровне качественной иллюстрации с помощью мировых линий для двух световых импульсов, распространяющихся в плечах ИМ [10]. В 1960 г. он ещё раз рассмотрел данный вопрос методом так называемой дифференциальной хронометрии в пространстве Ферми [11]. Весьма громоздкие вычисления [11] не привели Дж.Л. Синга к выводу конкретного выражения для разности фаз в плечах вращающегося ИМ. В конце раздела 10.7 монографии [11] он пессимистично заметил: "Это разочаровывает, но, по крайней мере, мы получили мрачное удовлетворение от того, что довели теорию знаменитого эксперимента Майкельсона–Морли до самого конца".

Авторы выражают благодарность Ф.Р. Тангерлини за помощь в изыскании работы [6], Э.Г. Малыкину за помощь в работе.

## Список литературы

1. Малыкин Г Б, Позднякова В И *УФН* **185** 431 (2015); Malykin G B, Pozdnyakova V I *Phys. Usp.* **58** 398 (2015)
2. Maraner P *Ann. Physics* **350** 95 (2014)
3. Sutherland W *Philos. Mag.* **5** 45 23 (1898)
4. Sutherland W *Nature* **63** 205 (1900)
5. Synge J L *Nature* **170** 243 (1952)
6. Synge J L *Sci. Proc. R. Dublin Soc.* **26** 45 (1952)
7. Gardner G H F *Nature* **170** 243 (1952)
8. Miller D C *Rev. Mod. Phys.* **5** 203 (1933)
9. Ditchburn R W, Heavens O S *Nature* **170** 705 (1952)
10. Synge J L *Relativity: The Special Theory* (Amsterdam: North-Holland, 1956) p. 158–162
11. Synge J L *Relativity: The General Theory* (Amsterdam: North-Holland, 1960); Синг Дж Л *Общая теория относительности* (М.: ИЛ, 1963) с. 337–344

## Supplement to the paper "Quadratic Sagnac effect — the influence of the gravitational potential of the Coriolis force on the phase difference between the arms of a rotating Michelson interferometer (an explanation of D.C. Miller's experimental results, 1921–1926)"

(*Usp. Fiz. Nauk* **185** 431 (2015) [*Phys. Usp.* **58** 398 (2015)])

**G.B. Malykin**

*Institute of Applied Physics, Russian Academy of Sciences,  
ul. Ul'yanova 46, GSP-120, 603950 Nizhny Novgorod, Russian Federation  
E-mail: malykin@ufp.appl.sci-nnov.ru*

**V.I. Pozdnyakova**

*Institute of Microstructure Physics, Russian Academy of Sciences,  
GSP-105, 603950 Nizhny Novgorod, Russian Federation  
E-mail: vera@ipmras.ru*

The paper "Quadratic Sagnac effect — the influence of the gravitational potential of the Coriolis force on the phase difference between the arms of a rotating Michelson interferometer (an explanation of D.C. Miller's experimental results, 1921–1926)" (*Usp. Fiz. Nauk* **185** 431 (2015) [*Phys. Usp.* **58** 398 (2015)]) is amended and supplemented by adding information concerning earlier work on the influence of rotation on Michelson–Morley's nonzero results.

**Keywords:** Michelson interferometer, Coriolis force, gravitational potential, orbital rotation of Earth

PACS number: **03.30.+p**

DOI: 10.3367/UFNr.0185.201508h.0895

Bibliography — 11 references

Received 6 April 2015

*Uspekhi Fizicheskikh Nauk* **185** (8) 895–896 (2015)

*Physics–Uspekhi* **58** (8) (2015)