

20. Новая экспериментальная проверка специальной теории относительности

Дж.П.Седархольм, Г.Ф.Бланд, Б.Л.Хавенс, Ватсоновская лаборатория при Колумбийском университете, Нью-Йорк;
Ч.Х.Таунс, отделение физики, Колумбийский университет, Нью-Йорк

New experimental test of special relativity

J.P.Cedarholm, G.F.Bland, B.L.Havens, International Business Machines Watson Laboratory, Columbia University, New York;
C.H.Townes, Department of Physics, Columbia University, New York

Для проверки зависимости скорости света от скорости системы с точностью, значительно превышающей точность, полученную в экспериментах Майкельсона и Морли [1], была использована высокая стабильность частоты двух односторонних излучателей-мазеров. В терминах эфира показано, что скорость эфирного ветра должна быть меньше $1/1000$ орбитальной скорости Земли.

Эксперимент, который был проведен в Ватсоновской лаборатории, включал в себя сравнение частот двух мазеров [2], направляющих излучение молекул NH_3 в противоположные стороны. Мёллер проанализировал этот случай [3] и определил изменение частоты луча лазера из-за наличия эфирного ветра, предполагая, что молекулы имеют скорость u относительно полости, через которую они пропускаются, и что эта полость имеет скорость v относительно эфира. Сдвиг может быть просто получен, исходя из предположения, что если v равна нулю, излучение, направленное перпендикулярно к молекулярной скорости, не даст доплеровского смещения. Если полость и луч затем перемещаются со скоростью v сквозь эфир в направлении, параллельном u , излучение должно допускаться молекулами слегка вперед под углом $\theta = \pi/2 - v/c$ по отношению к u . Тогда некоторое изменение частоты вследствие доплеровского эффекта составит $\epsilon = u/c \cdot \cos\theta$ или uv/c^2 из-за движения

через эфир, если полагать, что частотные свойства молекул не меняются вследствие такого движения.

Для горячих молекул скорость составляет 0,6 км/с, а для орбитальной скорости Земли (30 км/с) $\epsilon = -2 \cdot 10^{-10}$. Разница в частотах из-за указанного эффекта двух мазеров с противоположно направленными излучениями составит $2\epsilon\nu$ или около 10 кГц для ν , равной 23870 МГц, соответствующей молекулам NH_3 .

Хотя uv/c^2 есть величина второго порядка в скоростях, оно является величиной первого порядка для скорости полости или лаборатории относительно эфира. В данном эксперименте измерен полный эффект со значительно меньшей частичной погрешностью, которую вносит особенно малый верхний предел в ν из-за того, что эта величина входит в первый порядок, чем во втором порядке эксперимента Майкельсона-Морли. Некоторые подобные условия могли бы встретиться в этом эксперименте, если бы использованный интерферометр перемещался в плоскости со скоростью u , а интерференционные линии получались от двух лучей, направленных противоположно.

Два мазерных излучателя с противоположно направленными лучами были смонтированы совместно с необходимым вспомогательным оборудованием на раме, которая могла вращаться вокруг вертикальной оси. Биение частот двух генераторов составляло около 20 кГц и непрерывно регистрировалось. Приблизительно после одной минуты регистрации излучения мазеров, оси которых ориентировались в восточно-западном направлении, аппарат поворачивался на 180° и биение частот регистрировалось в новом направлении.

Изменение биения частоты из-за наличия эфирного ветра должно составлять $4\epsilon\nu$, или около 20 кГц. За время около 20 мин было проделано 16 таких сравнений. Это повторялось каждый час в течение временного интервала более 12 ч так, чтобы вращением Земли охватить плоскость восточно-западного направления.

Относительное изменение частоты двух генераторов около 1 кГц было обнаружено при их поворотах на 180° . Это изменение в значительной степени является следствием влияния магнитного поля Земли и других местных магнитных полей, от которых не было достаточной защиты.

Важным результатом оказалось то, что это изменение не зависело от времени суток (или ориентации Земли), как показано на рис.20.1.

Первые серии измерений были выполнены в будний день, когда местные магнитные поля и электрическое напряжение в линиях изменялись. В течение суток были выявлены некоторые систематические вариации измеряемого эффекта в пределах $\pm 1/20$ Гц. Вторые серии



Рис. 20.1. Суточные вариации изменений относительной частоты из-за поворота двух аммониевых мазеров через 180° . Лучи двух мазеров направлены в противоположные стороны. Изменения около 1,08 Гц в основном вызваны местными магнитными полями. Максимальное отклонение от этого значения в течение суток составляет $1/50$ Гц. Длины линий приблизительно указывают значения погрешностей, вычисленных из флуктуаций 16 измерений в каждой точке

измерений в субботу, когда местные возмущения были наименьшими, показали вариации частоты не больше $\pm 1/50$ Гц, как показано на рис.20.1, и даже они оказались случайными и не коррелировались со временем или с ориентацией Земли. Это в точности соответствует стабильности частот мазеров в $1/10^{12}$.

Результаты показали, что член uv/c^2 должен быть меньше в 1000 раз, чем то, что должно было бы быть при наличии скорости v , равной орбитальной скорости Земли. Это значит, что относительная скорость эфира в плоскости, перпендикулярной к земной оси, должна быть меньше $1/30$ км/с. Результаты же экспериментов Майкельсона-Морли не соответствуют скорости эфирного ветра в 8 км/с, о которой докладывал Миллер [4], и ближе к верхнему пределу, равному 1,5 км/с, полученному в экспериментах Джуса [5]. Конечно, основное преимущество поставленного нами эксперимента заключается в наличии в нем первого порядка, дающего значительно большую зависимость от v , чем второй порядок.

Те, кто всегда убеждены в корректности специальной теории относительности или кто не желает рассматривать эфирную модель, должны были бы отметить, что постулаты специальной теории относительности не обязательно несовместимы с существованием смещения частот в вышеуказанном эксперименте или с анизотропией пространства. Это может быть результатом существования внешней по отношению к

Земле материи, которая распределена неравномерно или которая не движется со скоростью Земли.

Предварительные результаты, изложенные здесь, получены 20 сентября 1958 г. Ожидается, что эксперименты будут продолжены далее и что добавочные измерения будут сделаны в другое время года.

Список литературы

1. A.A. Michelson, E.W. Morley // *Am. J. Sci.* 1887. Vol. 34. P. 333.
2. Gordon, Zeiger, Townes // *Phys. Rev.* 1955. Vol. 29. P. 1264.
3. Moller C. // *Suppl Nuovo cimento.* 1957. Vol. 6. P. 381.
4. Miller D.C. // *Revs. Modern Phys.* 1933. Vol. 5. P. 203.; Shankland, McCuskey, Leone, Kuerti // *Revs. Modern Phys.* 1955. Vol. 27. P. 167.
5. Joos G. // *Ann. Physik.* 1930. Vol. 7. P. 385.

Phys. Rev. Letter. 1958. Vol. 1, №9. P. 342-349.