

к электролитической, как $1:16573 \cdot 10^6$.

В работе 1848 г. Вебер показал, что $c/4$ равно отношению электродинамической единицы меры к механической; следовательно, из приведенного отношения между последними для c получается значение $439440 \cdot 10^6$ мм/с. Из формулы для силы взаимодействия легко увидеть, что это число представляет постоянную относительную скорость, при которой электрические массы совершенно перестают действовать друг на друга. Кирхгоф заметил, что постоянная c , в пределах экспериментальных ошибок совпадает со скоростью света, умноженной на $\sqrt{2}$. Это скорее всего связано с тем, что Вебер рассматривал электрический ток, как два противоположных потока положительной и отрицательной электрической жидкости. Работа Вебера и Кольрауша 1856 г. была заключительным актом в деле введения абсолютных мер в учение об электричестве. Единицы электродвижущих сил и сопротивлений Вебер выразил в относительных единицах еще в своей работе 1852 г.; с помощью же механической меры силы тока он теперь получил возможность свести к той же мере и упомянутые две единицы.

Список использованных источников:

1. Assis, A.K.T. *Weber's Electrodynamics*. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. – 288 S.
2. Бернштейн, В.М. Перспективы «возрождения» и развития электродинамики и теории гравитации Вебера. – М.: КомКнига, 2005. – 72 с.
3. Бернштейн, В.М. Масса и энергия. Развитие электродинамики и теории гравитации Вебера. – М.: Спутник, 2010. – 251 с.
4. Weber W. *Elektrodynamische Maassbestimmungen* // In: Wilhelm Weber's Werke. Bd. 3. Th. 1. – Berlin: Verlag von Julius Springer, 1893. – S. 25-214, 215-254.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ СВЕТА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Шантарович В. Д.

Тараканов А. Н. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Рассматриваются методы измерения скорости света. Приводятся современные данные по независимому измерению частоты и длины волны для видимого света, радиодиапазона и рентгеновских лучей.

Как известно, значение скорости света впервые было вычислено Олафом Рёмером в 1675 г., проанализировавшим данные Джованни Кассини по затмению спутника Юпитера Ио. Начало измерения скорости света приходится на 1725 г., когда Дж.Брэдли вычислил её значение по измеренным значениям абберрации света от неподвижных звёзд. В 1849-1852 гг. использование в качестве прерывателя светового пучка вращающееся зубчатое колесо и вращающееся многогранное зеркало позволило А.И.Л.Физо и его ученику Л.Фуко осуществить измерение скорости света в земной лаборатории. В дальнейшем измерения проводились многими экспериментаторами, из которых наиболее точные данные были получены в опытах А.Майкельсона (1926, $\Delta c = 4$ км/с), К.Аслаксона (1949-51, $\Delta c = 1,4 \div 2,4$ км/с), Э.Бергштранда (1949-51, $\Delta c = 0,25 \div 2,0$ км/с) и некоторых других экспериментаторов, которые использовали различные методы измерения.

В 1856-57 гг. Вебер и Кольрауш провели эксперименты по определению отношения количества электричества, измеренного в электростатических и электромагнитных единицах. Позже Гельмгольц заметил, что это отношение с большой точностью равно значению скорости света, полученному в опытах Физо и Фуко. В дальнейшем метод Вебера-Кольрауша применялся другими экспериментаторами вплоть до середины XX столетия, однако его точность не соответствует современным требованиям.

Современные законы электродинамики и оптики основаны на том, что свет любой частоты распространяется в вакууме с одинаковой скоростью, равной c . Ниоткуда не следует, однако, что эта скорость должна быть одна и та же для всех частот. В 1881 Дж.Юнг и Дж.Форбс, наблюдая звёзды, получили значения скоростей распространения красного и синего света, отличающиеся на 1,8 %. Результаты Юнга и Форбса вызвали оживлённую дискуссию в литературе, поставив вопрос о том, какая скорость, фазовая или групповая, измеряется в экспериментах. Проанализировав эксперименты по измерению скорости света Физо, Корню, Майкельсона, лорд Рэлей сделал вывод, что земные эксперименты и наблюдение спутников Юпитера дают групповую скорость, тогда как эксперименты по абберрации типа Брэдли – фазовую. Однако, абберационные вычисления связаны со значением постоянной абберрации и определением солнечного параллакса, которые наверняка могут варьироваться с течением времени. Поэтому измерение фазовой скорости света по методу абберрации должно одновременно сопровождаться определением этих «постоянных». Тогда можно быть уверенным в том, что полученное значение будет близко к истинному значению. Погрешность измерений, проведенных в то время, не позволяла сделать каких-либо определённых выводов. В 1906 г. П.Блондло провёл измерение скорости радиоволн на 13 частотах $(1 \div 3) \cdot 10^7$ Гц, получив 5 % разброс скорости. На основании своих опытов он утверждал, что вывод об общей природе электромагнитных колебаний и света является преждевременным, хотя результаты говорят в пользу такой гипотезы.

Успехи науки и приборостроения в 19-20 вв. позволило развить следующие методы измерения скорости света в вакууме:

1. Метод Рёмера по затмению спутников Юпитера, по современным данным дающий значение 300870 ± 100 км/с;

2. Метод Брэдли по абберации звёзд;
 3. Метод Физо модуляции вращающимся зубчатым колесом;
 4. Метод Фуко отклонения луча вращающимся зеркалом;
 5. Модуляция ячейкой Керра;
 6. Использование фотоэлемента в качестве приёмника;
 7. Визуальный метод с использованием пьезокварцевого модулятора;
 8. Визуальный метод с использованием электрооптических явлений в кварце (ячейка Погкельса);
 9. Метод радиолокации;
 10. Измерение времени пролёта между двумя счётчиками;
 11. Метод запаздывающих совпадений при счёте электронов и тормозных γ -квантов в функции расстояния счётчиков;
 12. Использование интерферометра (метод Майкельсона);
- Ещё один тип методов заключается в определении скорости света в вакууме по измерению скорости света в волноводах, включающий
1. Схему Лехера, используемую для коротких радиоволн
 2. Метод распространения микрорадиоволн в полном резонаторе
- Наиболее точные значения для скорости света даёт:

Метод независимого измерения частоты по микроволновым спектрам поглощения, а длины волны по инфракрасным спектрам поглощения. Точные оптические измерения стали возможны после создания в 1960-х годах высококогерентных источников монохроматического света – лазеров. По последнему методу в 1972 г. в Национальном Бюро Стандартов США группой К.М.Ивенсона [1] были проведены измерения скорости света с помощью гелий-неонового лазера, генерирующего излучение с длиной волны 3,39 мкм, которая измерялась с помощью интерферометрического сравнения с эталоном длины, т.е. с длиной волны оранжевого излучения криптона. Частота излучения определялась посредством сравнения с эталоном времени методами нелинейной оптики. Произведение частоты на длину волны дало значение $c = 299\,792\,456,2 \pm 1,1$ м/с, что на два и более порядка превышало найденные ранее значения с помощью других методов.

В 2001 г. в Аргоннской Национальной Лаборатории измерялась скорость X-лучей с энергией в интервале 21÷60 кэВ [2]. Для этого использовался прибор, основанный на кристалле LiNbO_3 , излучающий поверхностную акустическую волну частотой 0,58 ГГц, который служил в качестве временного анализатора в измерениях дифракции со стробоскопическим разрешением по времени. Скорость X-лучей определялась как отношение измеренных пространственных промежутков к соответствующим временным интервалам распада. В пределах экспериментального интервала ошибок полученные скорости X-лучей сходились к табличной константе для скорости света в вакууме. Измерение скорости электромагнитных волн для широкого спектра частот остаётся актуальной проблемой. На сегодняшний день экспериментальные данные говорят об отсутствии дисперсии скорости света в вакууме, однако этих данных слишком мало, чтобы утверждать это с уверенностью.

Список использованных источников:

1. Evenson K.M., Wells J.S., Petersen F.R., Danielson B.L., Day G.W., Barger R.L., Hall J.L. Speed of Light from Direct Frequency and Wavelength Measurements of the Methane-Stabilized Laser. // Phys. Rev. Lett. – 1972. – V. 29. – № 19. – P. 1346-1349.
2. Zolotoyabko E., Quintana J.D. Measurement of the speed of X-rays. // J. Synchrotron Radiat. – 2002. – V. 9. – № 2 – P. 60-64.