

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ

НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ СВЕТА²

Сущность метода измерения скорости света, применённого Андерсоном, заключается в следующем. Луч света, модулированный при помощи ячейки Керра, расщепляется на два луча, проходящие различные пути. Эти лучи направляются в фотоэлемент, ток которого усиливается при помощи соответствующей схемы. Измеряемое электрическое напряжение минимально в том случае, если колебания интенсивности двух лучей отстают друг от друга на нечётное число периодов. Измеряя разность хода при минимуме напряжения, можно найти скорость света c из равенства

$$c = \frac{2fs}{n},$$

где n — разность фаз в полупериодах; s — оптическая разность хода и f — частота модуляции луча.

Схема измерения показана на рис. 1. Луч исходил от лампы мощностью 1 000 W с воздушным охлаждением (А). Эта лампа давала световой поток в 27 000 лм. Для многих измерений была использована также ртутная лампа высокого давления примерно той же мощности. Пройдя через линзу L_1 и поляризатор P_1 , свет направлялся в ячейку Керра K , охлаждаемую водой. В качестве жидкого диэлектрика ячейки употреблялся очень чистый нитробензол.

На ячейку накладывалось напряжение высокой частоты мощностью 90 W. Напряжение радиочастоты поперёк ячейки превосходило 1 000 V. Луч света, вышедший из ячейки и прошедший ещё через один поляризатор P_2 и линзу L_2 , был модулирован, т. е. интенсивность его менялась со временем периодически в каждой точке пути, а также, разумеется, была периодически распределена вдоль пути (в данный момент времени), что и показано схематически на рис. 1. Лучом L_2 пучок света проецировался на круговое отверстие O в металлической пластинке. Тонкими поперечными волосками это отверстие делилось на четверти. Полупрозрачным зеркалом M_6 луч расщеплялся на два. Отражённый

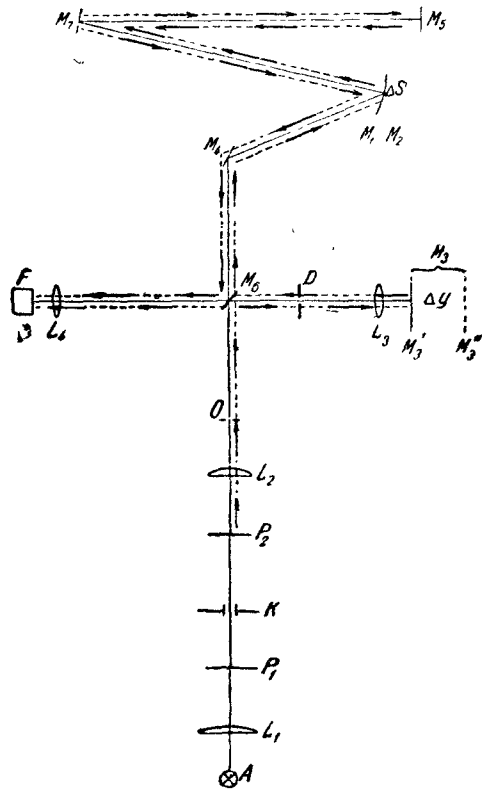


Рис. 1

часть проходила через диафрагму D и линзу L_3 . Линза устанавливалась так, чтобы её расстояние до кругового отверстия равнялось фокусному; поэтому после прохождения линзы L_3 пучок лучей практически параллелен. Диафрагма D служит для того, чтобы сравнить амплитуду интенсивности луча, отражённого зеркалом M_6 , с лучом, пропущенным этим зеркалом.

Пройдя L_3 , луч отражался от зеркала M_3 и проходил обратный путь до M_6 , а затем через линзу L_4 попадал в приёмник F .

Вторая часть первичного луча, пропущенная полупрозрачным зеркалом, направлялась либо на зеркало M_1 , либо на зеркало M_2 .

M_1 и M_2 — вогнутые зеркала; первое имеет фокусное расстояние 5 м, второе 2,5 м. Зеркала M_1 и M_2 смонтированы вместе так, чтобы каждое по очереди можно было бы установить в его фокусном положении.

Если в отражающем положении находится зеркало M_2 , то луч идёт по пути $M_1 M_7 M_6$ и, отразившись от M_6 , идёт обратно по пути $M_5 M_7 M_1 M_4 M_6$, откуда через L_4 попадает в приёмник. Если в отражающем положении находится зеркало M_2 , то луч идёт по пути $M_2 M_6$, т. е. отражается обратно, минуя длинный путь $M_1 M_6$.

Поверхности зеркал, о которых мы говорили, весьма точны (до одной длины волны).

Если обозначить через S путь $M_1 M_7 M_6$; через x путь $M_6 M_1$ и через y путь $M_6 M_2$, то условие минимальной интенсивности при установке в отражающем положении зеркала M_1 может быть записано в виде

$$2S + 2x - 2y = (2n + 1) \frac{\lambda}{2},$$

где λ — длина волны, соответствующая частоте модуляции.

Если в отражающем положении стоит зеркало M_2 (так, что луч идёт по пути $M_6 M_2 M_6$), то минимум интенсивности в результате сложения лучей, отражённого и пропущенного M_6 , может быть достигнут при некотором новом положении плоского подвижного зеркала M_3 , обозначенного на рис. 1 как M_3' .

Условие минимума теперь может быть записано так:

$$2x + 2\Delta S - 2y - 2\Delta y = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}.$$

Здесь ΔS — расстояние зеркал M_2 и M_1 друг от друга, а Δy — разность между положениями подвижного зеркала M_3 .

Вычитая из первого равенства второе, получим

$$2S - 2\Delta S + 2\Delta y = p\lambda, \quad (1)$$

где p — целое число (разность двух нечётных чисел даёт чётное число). Последнее равенство показывает, в чём смысл описанной выше постановки опыта исключаются неудобные измерения расстояний. Отрезки S , ΔS и Δy могут быть измерены с большой точностью.

Весь опыт производился автоматически. Подвижное зеркало M_3 приводилось в поступательное движение (взад — вперёд) при помощи мотора.

При включении всей системы автоматически производятся следующие действия. Одновременно начинают «вигаться» подвижное зеркало и плёнка, записывающая изменение усиленного фотоэлектрического тока в функции положения зеркала M_3 , т. е. фактически в функции разности хода между интенсивностями лучей. После того как движение в одном направлении заканчивается (одновременно останавливаются плёнка и зеркало), происходит автоматическая перемена направления движения мотора и смена кадра плёнки.

Проделяется ряд измерений при зеркале M_2 (путь $M_6 M_2 M_6$) и при зеркале M_1 (путь $M_6 M_1 M_5 M_1 M_6$).

Разность минимумов зарегистрированных кривых тока есть не что иное как Δy уравнения (1). Координаты минимумов определяются по отношению к метке, которую образует на плёнке изображение тонкой проволоки.

Расстояние между зеркалами M_1 и M_2 и путь $M_1M_7M_5$ измеряются непосредственно, благодаря ряду специальных приспособлений точность измерения расстояний весьма велика.

Автором весьма подробно описывается приёмное устройство F , представляющее собой 11-ступенный электронный умножитель с чувствительностью 2 А/лм (вместо 30 μ А для обычного вакуумного фотозлемента). Специальные меры были предприняты для элиминации флуктуаций.

Остановимся теперь на одной специальной ошибке измерения. Если складывающиеся лучи не точно совпадают (даже будучи параллельными), то, как видно из рис. 2, на котором изображено поперечное сечение катода и первых ступеней электронного умножителя, между эммитируемыми из точек C и D электронами возникает дополнительная разность хода, могущая исказить реальный сдвиг фаз в интенсивностях складывающихся лучей. При точной работе эту возможную ошибку можно сделать весьма малой, но устранить её нельзя.

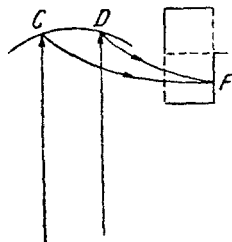


Рис. 2

Непосредственному измерению подлежит групповая скорость в воздухе, отличная от скорости света в вакууме (в описанном опыте путь лучей в стекле является общим для обоих лучей и может не учитываться). Поэтому измеренную величину c_a надо разделить на групповой показатель преломления

$$\mu_g = \frac{\mu - \lambda d\mu}{d\lambda}.$$

По измерениям Меггерса и Петерса² для воздуха

$$(\mu - 1) 10^7 = 2726,43 + 2,288 (\lambda \cdot 10^{-8} + 0,355) \lambda^4 \cdot 10^{-16}.$$

Дифференцируя это выражение, найдём μ_g . Средняя поправка на групповую скорость равна 84 км/сек.

В результате 2895 измерений, производившихся в течение 1933/40 г., было получено следующее значение скорости света в вакууме:

$$c = 299\,766 \pm 14 \text{ км/сек.}$$

Измерения Андерсона опровергают предположения³ о том, что скорость света уменьшается или периодически меняется со временем. Работы последних двадцати лет приводят к одному и тому же (в пределах ошибок) значению скорости света в вакууме. Не наблюдается также какого-либо закономерного изменения средней величины скорости по месяцам 1933/40 г.

А. И. Китайгородский

ЛИТЕРАТУРА

1. Anderson, JOSA, **31**, 187, 1941.
2. Meggers and Peters, Bull. Bureau of Standard, **14**, 697, 1918.
3. Birge, Nature, **134**, 771, 1934; Miller, Rev. Mod. Phys., **5**, 3, 1933.