

М. А. МОГИЛЕВСКИЙ, А. Е. ВЕЛЛЕР и В. М. ВАЛЬД-ПЕРЛОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА СОЛНЦЕ ПРИ ПОМОЩИ МОДУЛЯЦИОННОГО ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СПЕКТРОФОТОМЕТРА

(Представлено академиком Г. А. Шайном 28 I 1954)

1. Определение магнитных полей на Солнце представляет одну из наиболее актуальных и вместе с тем наиболее трудных задач физики Солнца. Трудность измерений связана с тем, что уже для полей порядка нескольких сот эрстед зеемановское расщепление значительно меньше ширины линии. Так, при $H = 50$ эрст. для линии FeI $\lambda = 5250,2 \text{ \AA}$, $\Delta\lambda \cong 0,002 \text{ \AA}$, тогда как ширина линии порядка $0,1 \text{ \AA}$.

В последнее время для измерения магнитных полей на Солнце начинает применяться фотоэлектрический модуляционный метод ^(1, 2), позволяющий значительно снизить величину минимального магнитного поля, доступного измерениям. Существенно при этом то обстоятельство, что в отличие от обычного фотографического метода могут быть использованы для этого относительно малые солнечные установки.

2. В течение 1952—1953 гг. в Институте земного магнетизма был построен модуляционный фотоэлектрический спектрофотометр, предназначенный для измерения магнитных полей на Солнце. В настоящем сообщении кратко описывается эта установка, методика измерений и первые опыты по определению локальных магнитных полей на Солнце.

3. Как известно ^(3, 4), в случае простого эффекта Зеемана слабая линия поглощения солнечного спектра расщепляется на три компоненты, контуры которых задаются соотношениями:

$$\begin{aligned} J_{\sigma-}(\lambda) &= (1 + \cos^2 \theta) f(\lambda - \lambda_-), \\ J_{\sigma+}(\lambda) &= (1 + \cos^2 \theta) f(\lambda - \lambda_+), \\ J_{\pi}(\lambda) &= 2 \sin^2 \theta f(\lambda - \lambda_0), \end{aligned} \quad (1)$$

где θ — угол, составляемый вектором магнитного поля с лучом зрения (осью Z); σ -компоненты поляризованы в общем случае эллиптически, а π -компонента — линейно.

Пусть выходная щель спектрографа вырезает участок на скате контура линии. Если на пути светового пучка поместить пластинку, сообщающую обыкновенному лучу сдвиг фазы $\sim \pi/2$ относительно необыкновенного, и затем вращающийся поляризатор, то световой поток, проходящий через щель, будет подвергаться модуляции. Амплитуда переменной составляющей светового потока $\Phi_{\sim}$ равна:

$$\Phi_{\sim} = k \left| \frac{d\Phi_{\sim}}{d\lambda} \right| H \cos \theta, \quad (2)$$

где $\Phi_{\sim}$ — постоянная составляющая светового потока, $k = 4,67 \cdot 10^{-5} g \lambda^2$ (g — фактор Ланде).

Определяя одновременно величины $\Phi_{\sim}$ и $\Phi_{=}$ в нескольких точках линии, можно измерить величину $|H_z|$. Знак H_z определяет фазу переменной составляющей.

4. Для измерений была избрана линия FeI $\lambda = 5250,2 \text{ \AA}$, обладающая большим фактором Ланде ($g = 3$) и, кроме того, расположенная вблизи от максимума

кривой спектральной чувствительности применявшегося фотоумножителя.

Схема установки представлена на рис. 1. Входная щель $Щ_1$ автоколлимационного спектрографа с дифракционной решеткой P (дисперсия $2,3 \text{ \AA/мм}$) располагается в фокальной плоскости горизонтального солнечного телескопа ($D = 130 \text{ мм}$; $F/55$). Перед

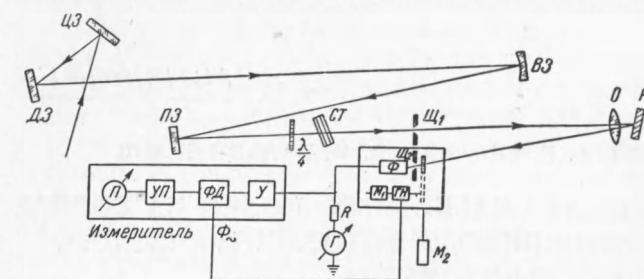


Рис. 1. Принципиальная схема установки. ЦЗ — зеркало целостата, ДЗ — дополнительное зеркало, ВЗ — вогнутое зеркало, ПЗ — поворотное зеркало (остальные обозначения см. в тексте)

входной щелью помещается пластинка $\lambda/4$ и компенсационная стопа СТ (см. ниже). За выходной щелью $Щ_2$, вырезающей малый участок линии (порядка $0,02 \text{ \AA}$), находится вращающийся поляризатор. Выходная щель вместе с поляризатором и фотоумножителем Φ может перемещаться по спектру при помощи синхронного мотора M_2 . Перемещение выходной щели вдоль линии дает возможность определить $\Phi_{\sim} / \frac{d\Phi_{=}}{d\lambda}$ для большого числа точек.

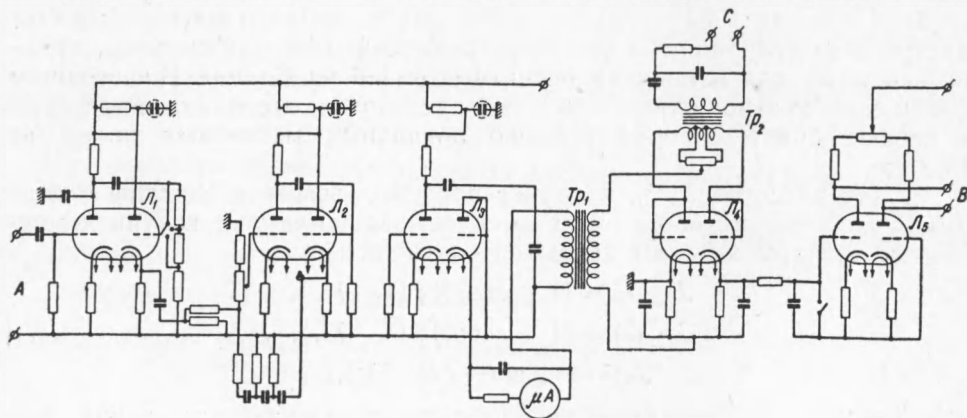


Рис. 2. Принципиальная схема измерителя. L_1 и L_2 — лампы 6Н9; L_3 , L_4 и L_5 — лампы 6Н8; Tr_1 и Tr_2 — трансформаторы с коэффициентом трансформации 1; А — вход сигнала от ФЭУ; В — выход к регистрирующему прибору; С — вход синхронизирующего сигнала от генератора (ГН)

Фототок фотоумножителя попадает на гальванометр Γ , измеряющий $\Phi_{=}$, и на вход измерителя $\Phi_{\sim}$ (см. рис. 1). Последний состоит из узкополосного усилителя $У$, фазового детектора $\PhiД$, усилителя постоянного тока $УП$ и регистрирующего прибора $П$. Синхронизирующий сигнал поступает на детектор от генератора $ГН$, который посажен на ось синхронного мотора M_1 , вращающего поляризатор. Измеритель обладает полосой пропускания $0,01 \text{ гц}$ при рабочей частоте $33,3 \text{ гц}$.

Минимальная величина магнитного поля, доступная измерениям в нашей установке, определяется флуктуациями фототока, возникающими вследствие дробового эффекта на фотокатоде электронного умножителя. В соответствии с расчетами она оказалась равной приблизительно 10 эрст. (в единичном измерении).

Измерения показали, что при отражении от зеркал целостата возникает частичная поляризация света, причем степень поляризации может достигать нескольких процентов. Отражение от диффракционной решетки также создает частичную поляризацию ($P \cong 12\%$). В результате этого при вращении поляризатора возникает весьма интенсивная дополнительная модуляция светового потока. Благодаря наличию фазового детектора можно значительно уменьшить величину дополнительного сигнала, используя отличие его фазы от фазы полезного сигнала. Оказалось удобным компенсировать дополнительный сигнал введением на пути светового пучка стопки плоскопараллельных стеклянных пластинок СТ. Компенсация осуществлялась в непрерывном спектре вблизи от линии путем поворачивания стопки относительно горизонтальной оси.

5. По окончании исследования отдельных частей установки было произведено несколько опытных измерений локальных магнитных полей на Солнце. Так, 20 IX 1953 г. были проведены измерения магнитного поля малого солнечного пятна ($\varphi = +7^\circ, 0$; $L = 266^\circ, 5$; $S_d = 95$). Напряженность магнитного поля в пятне оказалась равной ~ 900 эрст. В тот же день в районе флоккула, расположенного вдали от группы пятен, было обнаружено локальное магнитное поле с максимальной напряженностью около 40 эрст.*.

Авторы выражают благодарность проф. Г. С. Горелику за внимание к настоящей работе.

Научно-исследовательский институт
земного магнетизма

Поступило
23 I 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ G. Thiessen, Zs. f. Aph., 30, 185 (1952). ² K. O. Kiepenheuer, Aph. J., 117, 447 (1953). ³ F. H. Seares, ibid., 38, 99 (1913). ⁴ H. W. Babcock, ibid., 110, 126 (1949).

* Местоположение флоккулов определялось по снимкам хромосферы в линии H_α , полученным при помощи интерференционно-поляризационного фильтра ГОИ (полоса пропускания 0,5 Å).