

УДК 523.9

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ АСИММЕТРИИ ПРОФИЛЕЙ
СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

**Д.М.КУЛИ-ЗАДЕ, А.Г.ГАСАНОВ,
С.Ф.МАГЕРРАМОВА, С.Н.ГЮЛАХМЕДОВА**
Бакинский Государственный Университет
skulizade@mail.ru

Рассматривается математическое моделирование и вычисление параметров асимметрии профилей слабых и умеренных фраунгоферовых линий в спектре Солнца и звезд. Составлена оригинальная программа и моделировано вычисления этих параметров на компьютере типа пентий-4. Метод был применен к линиям спектра Солнца как звезды и звезды Проциона.

Ключевые слова: математическое моделирование, профили линий, параметры асимметрии профилей

Измерение и анализ асимметрии профилей фраунгоферовых линий могут дать ценнейшие информации о физическом состоянии звездных фотосфер. Однако получение точных профилей фраунгоферовых линий были связаны рядом трудностей. В последние годы с применением новых спектральных приборов - двойных монохроматоров и фурье-спектрометров высокого спектрального разрешения, со скоростной цифровой регистрацией спектров [1-3], точность спектрофотометрических исследований значительно была повышена. Это открывает широкие возможности для анализа тонкой структуры профилей слабых фраунгоферовых линий в спектрах Солнца и звезд.

Известно, что до недавнего времени отсутствовал количественный метод для определения меры асимметричности профилей спектральных линий. Существующие методы носили чисто качественный характер.

Недавно на кафедре астрофизики Бакинского университета был разработан принципиально новый и главное количественный метод для измерения и анализа асимметричности профилей слабых фраунгоферовых линий [4-6]. При этом введены новые физические величины, кото-

рые позволяют более подробно и количественно анализировать асимметричность профилей фраунгоферовых линий. В связи с этим впервые появилась возможность исследовать зависимость асимметрии профилей фраунгоферовых линий от атомных и фотосферных величин. Это сможет сыграть большую роль при анализе механизмов, приводящих к асимметрии профилей спектральных линий в спектрах Солнца и звезд.

Определение параметров асимметрии

Определение середины профиля линии

Определяется середина профиля линии на уровне полуширины $\Delta\lambda_{1/2}$, соответствующей глубине профиля $R=1/2R_0$, где R_0 -центральная глубина профиля линии. Далее через точку, определяющую середину полуширины, проводится вертикальная линия, которая делит площадь профиля на две части. Эта линия является условной серединой профиля.

Определение дифференциальной асимметрии

Дифференциальная асимметрия

$$\delta(R) = \Delta\lambda_{vi} - \Delta\lambda_{ri} \quad (1)$$

определяет асимметрию в данной глубине профиля линии.

В (1) $\Delta\lambda_{vi}$ и $\Delta\lambda_{ri}$ расстояния точек профиля одинаковой глубины R_i на фиолетовом и красном крыльях, соответственно.

При $\delta(R) > 0$, асимметрия называется фиолетовой, при $\delta(R) < 0$ -красный, а при $\delta(R) = 0$ профиль является симметричным.

Определяется $\delta(R)$ на разных глубинах профиля, а потом строится зависимость $\delta(R)$ от R , которая показывает изменение асимметрии внутри профиля линии по величине и по знаку. Фиолетовая асимметрия, наблюдаемая в одних глубинах профиля, может заменяться красной асимметрией в других. Это говорит о том, что асимметрия профилей носит сложный характер или, по-другому говоря, профили линий обладают тонкой структурой.

Определение интегральной асимметрии

Интегральная асимметрия

$$\Lambda = \sum_i |\delta(R_i)| \Delta R_i = \sum_{\delta(R)>0} |\delta(R_i)| \Delta R_i + \sum_{\delta(R)<0} |\delta(R_i)| \Delta R_i \quad (2)$$

определяет общую асимметрию всего профиля линии. Здесь

$$\Lambda_+ = \sum_{\delta(R)>0} |\delta(R_i)| \Delta R_i \quad (3)$$

и

$$\Lambda_- = \sum_{\delta(R)<0} |\delta(R_i)| \Delta R_i \quad (4)$$

положительная и отрицательная доли интегральной асимметрии.

При
$$\Lambda_+ = \sum_{\delta(R)>0} |\delta(R_i)| \Delta R_i = 0 \quad (5)$$

профиль мини полностью характеризуется красной асимметрией, а при

$$\Lambda_- = \sum_{\delta(R)<0} |\delta(R_i)| \Delta R_i = 0 \quad (6)$$

профиль линии полностью характеризуется фиолетовой асимметрией.

В первом случае

$$\Lambda = \Lambda_- = \sum_{\delta(R)<0} |\delta(R_i)| \Delta R_i \quad (7)$$

а во втором

$$\Lambda = \Lambda_+ = \sum_{\delta(R)>0} |\delta(R_i)| \Delta R_i \quad (8)$$

Определение остаточной асимметрии

Остаточная асимметрия

$$\Delta\Lambda = \sum_{\delta(R)>0} |\delta(R_i)| \Delta R_i - \sum_{\delta(R)<0} |\delta(R_i)| \Delta R_i \quad (9)$$

показывает преимущество той или иной (фиолетовой или красной) асимметрии.

При $\Delta\Lambda < 0$, преобладает фиолетовая асимметрия, при $\Delta\Lambda > 0$ – красная асимметрия, а при $\Delta\Lambda = 0$ обе асимметрии имеют одинаковую силу.

Определение относительной асимметрии

Относительная асимметрия

$$\Lambda_o = \frac{\sum |\delta(R_i)| \Delta R_i}{W} \quad (10)$$

показывает какую долю от полного поглощения в линии (от эквивалентной ширины) составляет интегральная асимметрия.

Вычисление эквивалентной ширины линии

Эквивалентная ширина линии определяется по формуле.

$$W = 2 \sum \frac{\Delta\lambda_i}{3} \left\{ \begin{aligned} & \left[(R_0^v + R_{2n}^v) + 2(R_1^v + R_3^v + \dots + R_{2n-1}^v) + 4(R_2^v + R_4^v + \dots + R_{2n}^v) \right] + \\ & \left[(R_0^r + R_{2n}^r) + 2(R_1^r + R_3^r + \dots + R_{2n-1}^r) + 4(R_2^r + R_4^r + \dots + R_{2n}^r) \right] \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Здесь $\Delta\lambda_i$ используемый шаг, R_0 и R_{2n} начальное и конечное значения глубин профиля линии, $R_1, R_3, \dots, R_{2n-1}$ – нечетные значения глубин, R_2, R_4, \dots, R_{2n} – четные значения глубин профиля линии. Индексы v и r у R показывают фиолетовое и красное крылья профиля линии, соответственно.

Применение

Для примера составленная программа и метод моделирования был применен к линии λ 5324.185 Å FeI в спектре полного потока от всего диска Солнца и звезды Проциона спектрального класса F5 и класса светимости IV. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Λ_+ mÅ		Λ_- mÅ		Λ mÅ		$\Delta\Lambda$ mÅ		Λ_0 %	
Процион	Солнце как звезда	Процион	Солнце как звезда	Процион	Солнце как звезда	Процион	Солнце как звезда	Процион	Солнце как звезда
4.2	7.0	-0.6	-5.7	4.9	18.4	3.6	12.7	3.0	5.7

Оказалось, что в обоих случаях в крыльях профиля наблюдается значительная фиолетовая асимметрия ($\delta(R) > 0$), а в центральных частях - слабая красная асимметрия ($\delta(R) < 0$). Из таблицы видно, что в обоих случаях остаточная асимметрия $\Delta\Lambda > 0$, что говорит о преимуществе фиолетовой асимметрии. Кроме того, не наблюдается случаи с $\Lambda_+ = 0$ и $\Lambda_- = 0$. Это говорит о том, что профиль рассматриваемой линии полностью не характеризуется фиолетовой ($\Lambda_+ = 0$) или красной ($\Lambda_- = 0$) асимметрией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beskers J.M., Bridges C.A., Gillam I.B. A high resolution spectral atlas of the solar irradiance from 380 to 700 nanometers. Sacramento Peak Observatory, 1976, 175 p.
2. Delbouille L., Neven L., Roland G. Photometric Atlas of the solar spectrum from λ 3000 to 10 000 Å Lige, 1973, 241p.
3. Kurucz R.L., Furenlid I., Brault J., Testerman L. Solar flux atlas from 296 to 1300 nm. New Mexico, National Solar Observatory, 1984, 239 p.
4. Кули-Заде Д.М. О тонкой структуре профилей линий инфракрасного триплета кислорода в спектре Солнца. Вестник БГУ, 1998, №1, с.83-88.
5. Kuli-Zade D.M. Intensity Dependence of the asymmetry of Fraunhofer Line Profiles. Astronomy Reports, 2001, v.45, №1, p.75-78.
6. Кули-Заде Д.М. Фраунгоферов спектр Солнца. Баку: Элм, 2007, 346 с.

SPEKTRAL XƏTLƏRİN PROFİLLƏRİNİN ASİMMETRİYA PARAMETRLƏRİNİN TƏYİNİNİN RİYAZİ MODELƏŞMƏSİ

C.M.QULUZADƏ, A.H.HƏSƏNOV, S.F.MƏHƏRRƏMOVA, S.N.GÜLƏHMƏDOVA

XÜLASƏ

Günəş və ulduz spektrlərində zəif və orta intensivlikli Fraunhofer xətlərinin profillərinin asimetriya parametrlərinin təyininin riyazi modelləşməsinə baxılır. Bu parametrlərin Pentium-4- tipli kompyuterdə təyini üçün orijinal program tərtib olunmuş və riyazi modelləşdirilmişdir. Üsul Günəş və Prosiyon ulduzuna tətbiq olunmuşdur.

Açar sözlər: Riyazi modelləşmə, xətlərin profili, profillərin asimetriya parametrləri.

**MATHEMATICAL MODELING FOR DETERMINATION
OF ASYMMETRICAL PARAMETERS OF PROFILES OF SPECTRAL LINES**

D.M.KULI-ZADE, A.H.HASANOV, S.F.MAHARRAMOVA, S.N.GULAHMADOVA

SUMMARY

Mathematical modeling and calculation of parameters of asymmetry of weak Fraunhofer lines are considered. Original programme for the calculation of these parameters on Pentium-4 type computer is compiled.

Key words: Mathematical modeling, line profiles, line asymmetry parameters.

Поступила в редакцию: 24.09.2011 г.

Подписано к печати: 03.10.2011 г.