

$L$  (3,5; 0,9),  $M$  (5,0; 1,1),  $N$  (10,4; 6,0),  $Q$  (20,0; 5,5). Нуль-пункты величин во всех полосах (постоянные  $C$  в ф-ле (1) в ст. *Звёздные величины*) выбраны такими, чтобы все показатели цвета для неподверженных межзвёздному покраснению звёзд спектрального класса  $A0V$  были равны нулю. В системе  $UBV$  измерено ок. 80 тыс. звёзд, галактик и др. объектов, а во всех остальных полосах этой системы менее 1 тыс.

Среднеполосные и узкополосные ФС предназначены, как правило, для многомерной классификации звёзд путём измерения интенсивностей отдельных эмиссионных и абсорбц. линий и полос, резких скачков интенсивности непрерывного спектра. Для этой цели обычно используются водородные линии  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$ ,  $H_{\gamma}$  и  $H_{\delta}$ , линии металлов ( $Mg$ ,  $Na$ ,  $Ca$ ,  $Fe$ ), полосы  $H_2O$ ,  $TiO$ ,  $CN$ ,  $Si$ , величина и положение *бальмеровского скачка* для звёзд ранних спектральных классов ( $B$ ,  $A$ ,  $F$ ) и величина скачка интенсивности у полосы  $G$  для звёзд спектрального класса  $K$ . Из среднеполосных ФС наибольшее признание получила вильнюсская 8-цветная ФС  $WPXUVZVTS$ , кривые реакции к-рой расположены в области 0,3—0,7 мкм и оптим. образом выбраны с целью фотометрич. двумерной классификации звёзд всех спектральных классов. В этой системе измерено ок. 4000 звёзд. В качестве примера узкополосной системы можно привести  $H_{\beta}$ -фотометрию Кроффорда. Эта система имеет две полосы с полуширинами 15 и 150 Å, обе центрированные на линию  $H_{\beta}$ . Параметр  $\beta = m(15 \text{ Å}) - m(150 \text{ Å})$  является мерой интенсивности линии; он измерен для неск. тысяч звёзд.

Физ. параметры звёзд определяются по результатам многоцветных наблюдений следующим образом. В избранной ФС проводятся измерения стандартных звёзд с хорошо известными спектральными классами, межзвёздным поглощением и др. параметрами. По этим измерениям определяются нуль-пункты величин, нормальные (непокарасневшие) показатели цвета в зависимости от спектрального класса, класса светимости и др. параметров. Определяются также соотношения избытков цвета для разных показателей цвета. Т. о. проводится калибровка ФС. Затем на калибровочные графики и таблицы наносят измерения исследуемой звезды и определяют спектральный класс, величину межзвёздного поглощения и др. параметры (в зависимости от информативности многоцветной ФС). Хотя информативность нек-рых многоцветных ФС, напр. Вильнюсской, достаточна для определения многих параметров, однако наиб. полную информацию об исследуемых объектах можно получить лишь из спектрофотометрич. измерений.

**Спектрофотометрия.** Спектрофотометрич. измерения могут быть абсолютными и относительными. В первом случае измеряют в энергетич. единицах освещённость  $E_{\lambda}$ , создаваемую объектом в достаточно узких последоват. участках спектра  $\Delta\lambda$ . Во втором случае эту освещённость выражают в долях освещённости от стандартной звезды. Если  $E_{\lambda}$  в спектре стандарта известно в энергетич. единицах, то все др. освещённости также могут быть выражены в этих же единицах, т. е. абсолютизированы. Абсолютизация спектра самой стандартной звезды проводится на основе «привязки» её к лаб. источнику с известным распределением энергии (модель абсолютно чёрного тела или, напр., прокалиброванная люминесцентная лампа). Фотометрич. измерения спектров осуществляются методами обычной *фотометрии*. Фотографич. спектры используются в осн. лишь для спектроскопич. измерений, а измерение  $E_{\lambda}$  осуществляется с помощью одноканальных фотоэлектрич. *сканеров* или методами многоканальной электроспектрофотометрии с использованием матричных (одномерных и двумерных) приёмников излучения, электронно-оптич. преобразователей, микроканальных усилителей и др. (см. *Приёмники оптического излучения, Спектральные приборы*).

В астроспектрофотометрии используются почти все принципиальные схемы известных в эксперим. физике лаб. *спектрографов*: призмных и дифракционных, эшелле и фурье-спектрометров. Специфична лишь конструкция астр. спектрографов, во-первых, потому что в процессе работы они находятся в разных положениях относительно горизонта (кроме кудэ-спектрографов), во-вторых, они используются с применением длит. экспозиций в условиях изменяющейся темп-ры. Всё это предъявляет к конструкции астр. спектрографов требование чрезвычайной жёсткости.

Для астроспектрофотометрии употребляются почти исключительно спектрографы низкой разрешающей силы (от 1 до 100 Å), предназначенные для измерения непрерывного спектра и интегральных интенсивностей линий. Входная щель расширяется настолько, чтобы пропустить весь видимый диск звезды (а иногда и более протяжённых объектов, напр. галактик), т. е. спектрограф работает в бесщелевом режиме.

Почти все данные, необходимые для построения теории звёздных атмосфер, получены спектрофотометрич. методами. Фотоэлектрич. измерения распределения энергии в оптич. области спектра ( $\lambda = 0,3 - 1,1$  мкм) получены примерно для тысячи звёзд. На основе этих данных найдены ср. нормальные (непокарасневшие) кривые распределения энергии в спектрах звёзд разных спектральных классов и светимостей, охватывающих интервал от 3000 до 11 000 Å. Использование стандартных спектров помогает решать мн. проблемы звёздной фотометрии, в частности калибровки и взаимной редукиции ФС, определения эфф. темп-р звёзд и исследования спектральных кривых межзвёздного поглощения. Многие физ. свойства звёзд могут быть определены из их спектров. Однако получение распределения энергии в спектре с достаточной дисперсией и достаточной точностью требует очень больших телескопов. В связи с этим спектрофотометрич. измерения используются в осн. с целью изучения уникальных объектов, а также с целью получения калибровочного материала для многоцветных и радиометрич. измерений.

**Радиометрия.** Задача радиометрич. наблюдений состоит в определении интегральных по спектру энергетич. освещённостей  $E$ , создаваемых на границе земной атмосферы астр. объектами. Непосредств. измерения  $E$  могли бы быть произведены с орбитальной обсерватории при помощи абсолютно неселективного приёмника. Однако таких приёмников ныне ещё нет. Поэтому используя приёмники, наиб. эффективные в данной спектральной области, и соответствующие фильтры, измеряют энергетич. освещённости в ряде спектральных интервалов  $\Delta\lambda_i$ . После редукиции за поглощение в атмосфере находят внемат. значения освещённостей  $E(\lambda_i) = E(\Delta\lambda_i)/\Delta\lambda_i$ , где  $\lambda_i$  — эфф. длина волны данного спектрального интервала. Проведя интерполяционную кривую через точки  $E(\lambda_i)$ , получают кривую спектральной освещённости  $E(\lambda)$ , интегрирование к-рой по  $\lambda$  даёт искомое значение  $E$ . Если значит. часть  $E$  сосредоточена в недоступной для наблюдений с Земли спектральной области, экспериментальную кривую  $E(\lambda)$  либо экстраполируют на эту область, либо дополняют данными внемат. наблюдений. В такой постановке радиометрия по методам измерений приближается к многоцветной фотометрии и к спектрофотометрии с низким разрешением.

*Лит.:* Курс астрофизики и звёздной астрономии, под ред. А. А. Михайлова, 3 изд., М., 1973; Мартынов Д. Я., Курс практической астрофизики, 3 изд., М., 1977; его же, Курс общей астрофизики, 3 изд., М., 1979; Страйжис В. Л., Многоцветная фотометрия звёзд, Вильнюс, 1977.

*Х. Ф. Халуллин.*

**АСФЕРИЧЕСКАЯ ОПТИКА** — оптич. детали или построенные из них системы, поверхности к-рых не являются сферическими. Как правило, термин «А. о.» применяют к системам с симметрией относительно оптической оси.

Возможности А. о. сравнительно со сферич. оптикой видны при рассмотрении параметров, определяющих