

тия протозвезды, не исследована роль вращения и магн. полей облака, окончательно не установлен верх. предел массы устойчивой нейтронной звезды. Не разработан в деталях механизм ускорения частиц в пульсарах. Пока нет объяснения активности ядер галактик, неясной остаётся природа квазаров. Требуется уточнения вопрос о природе ядра нашей Галактики как двойной сверхмассивной системы (двойная чёрная дыра или чёрная дыра и компактное звёздное скопление), активно взаимодействующей с окружающими её звёздами.

В релятивистской А. до конца не решены вопросы о *барионной асимметрии Вселенной*, о величине отношения числа ядер к электронам к числу фотонов, о роли нейтрино, а возможно, и других пока неизвестных частиц в образовании наблюдаемой структуры Вселенной, состоянии вакуума и фазовых переходов в эволюции горячей Вселенной.

Лит.: Мартынов Д. Я., Курс практической астрофизики, 3 изд., М., 1977; его же, Курс общей астрофизики, 3 изд., М., 1979; Соболев В. В., Курс теоретической астрофизики, 3 изд., М., 1985; Гинзбург В. Л., Современная астрофизика, М., 1970; его же, Теоретическая физика и астрофизика, М., 1975; Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., Теория титотени и эволюции звезд, М., 1974; и х же, Строеие и эволюция Вселенной, М., 1975; Л е н г К., Астрофизические формулы, ч. 1—2, пер. с англ., М., 1978; На переднем крае астрофизики, пер. с англ., М., 1979; И м ш е н и к В. С., На д ё ж и н Д. К., Конечные стадии эволюции звезд и вспышки сверхновых, в кн.: Итоги науки и техники, сер. Астрономия, т. 21, М., 1982; З е л ь д о в и ч Я. Б., Структура Вселенной, там же, т. 22, М., 1983. И. А. Калужин.

**АСТРОФОТОМЕТРИЯ** — раздел практич. астрофизики, посвящённый измерению физ. характеристик (в осн. энергетич.) эл.-магн. излучения астр. объектов. Предмет А. составляют: выделение потока излучения от индивидуальных объектов, «очищение» его от фонового излучения, учёт ослабления потока земной атмосферой, измерение этого потока в абс. энергетич. или относит. единицах, изучение переменности во времени поляризац., квантово-статистич. и др. характеристик излучения астр. объектов.

К фундам. задачам А. относятся следующие. Исследование распределения энергии в спектрах звёзд. Решение этой задачи позволяет определить хим. состав, структуру атмосферы, *эффективную температуру* звёзд, величину межзвёздного покраснения (см. *Межзвёздное поглощение*) и др. Построение кривых изменения со временем потока излучения (к р и в ы х б л е с к а) переменных звёзд, галактик, квазаров и др. Анализ этих кривых позволяет вскрыть физ. природу исследуемых объектов и определить их осн. параметры — радиусы и массы, характерные размеры, энергетику нестационарных процессов и др. Изучение в различных спектральных диапазонах распределения яркости по протяжённым источникам (Солнце, планеты, галактики, туманности), а также исследование фонового излучения неба.

Интервал *освещённости*, измеряемых в А., огромен. Ярчайшие звёзды создают на поверхности Земли освещённость, примерно в десять млрд. раз меньшую, чем Солнце, а наиб. слабые звёзды и галактики, доступные измерениям, ещё в десятки млрд. раз меньшую, т. е. перепад освещённостей составляет более чем  $10^{20}$  раз. Слабость блеска небесных светил создаёт осн. специфич. трудности А. Эти трудности преодолеваются увеличением диаметра телескопов, а также увеличением чувствительности приёмников излучения. Самый большой в мире оптич. телескоп имеет диаметр 6 м. Квантовая эффективность  $Q$  совр. фотоэлектрич. приёмников излучения, применяемых в А., доведена во мн. спектральных диапазонах практически до абс. предела ( $Q \geq 50-80\%$ ).

До недавнего времени осн. роль в А. играли измерения в видимой области спектра. С созданием внеатмосферных орбитальных астрофиз. обсерваторий и высокочувствит. приёмников излучения А. стала всеволновой. Ввиду специфички аппаратуры, методов и часто даже самих объектов, «видимых» только в отдельных спектральных диапазонах, образовались целые разделы

астрономии, напр. *радиоастрономия*, *рентгеновская астрономия*, *гамма-астрономия*. Ниже рассмотрены задачи и методы классич. А., относящиеся в осн. к оптич. области спектра.

По способам измерений А. разделяется на визуальную, фотографическую и фотоэлектрическую. По осн. методам исследования А. может быть разделена на спектроскопич. разделов: многоцветная А. (астр. колориметрия), спектрофотометрия, радиометрия.

**Многоцветная А.** Блеск астр. объектов принято выражать в *звёздных величинах* ( $m$ ). Разность звёздных величин одного и того же объекта в двух разных областях спектра ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) наз. показателем цвета или *к о л о р - и н д е к с о м* ( $CI$ ):

$$CI = m_1 - m_2.$$

Даже в видимом диапазоне показатели цвета разных объектов могут различаться на  $10^m$ . Т. е., две звезды одинакового блеска в голубых ( $\lambda \approx 0,4$  мкм) лучах могут в тысячи раз различаться по потоку в красной области спектра ( $\lambda \approx 0,8$  мкм). Измерение  $CI$  равносильно сопоставлению интенсивностей излучения в двух участках спектра и поэтому позволяет судить о *цветовых температурах* исследуемых объектов. Именно с целью измерения *к о л о р - и н д е к с о в* астрономич. объектов зародились первые двухцветные фотометрич. системы (ФС, см. ниже). Однако условия в атмосферах звёзд и др. астр. объектов обычно далеки от термодинамич. равновесия. Поэтому их спектры не определяются функцией Планка, а являются сложными функциями от *светимости*, интенсивности турбулентных движений и протяжённости атмосферы, её хим. состава, осевого вращения, лучевой скорости и др. факторов. Кроме того, излучение астр. источников поглощается и рассеивается межзвёздным веществом (пыль и газ), в результате чего спектральный состав излучения меняется. Во-первых, оно становится более красным. Покраснение выражается в том, что показатель цвета ( $m_1 - m_2$ ) увеличивается по сравнению с показателем цвета ( $m_1 - m_2$ )<sub>0</sub> для непокрасневшей звезды такого же спектрального типа. Величина этого увеличения наз. *избытком цвета*, или *к о л о р - э к с ц е с с о м* ( $CE$ ):

$$CE = (m_1 - m_2) - (m_1 - m_2)_0.$$

Во-вторых, в спектре появляются межзвёздные абсорбц. линии ионизованного кальция, натрия и др. атомов и молекул. Поэтому один параметр — показатель цвета не может полностью охарактеризовать спектральный состав излучения. Стремление к увеличению информативности привело к увеличению кол-ва измеряемых участков спектра и уменьшению их ширины. Т. о., возникло существующее многообразие ФС.

**Фотометрич. системой** наз. набор описываемых кривыми спектральной чувствительности регистрирующей аппаратуры (кривыми реакции)  $f_\lambda$  участков спектра, в к-рых проводятся измерения потока излучения. Величина  $f_\lambda$  равна произведению кривой *спектральной чувствительности* приёмника и кривых *пропускания* (отражения) оптич. деталей регистрирующей аппаратуры (фотометра) и телескопа. ФС может содержать от одной до неск. десятков полос (цветов). Напр., популярная ФС  $UBV$  состоит из трёх полос:  $U$  — ультрафиолетовая,  $B$  — голубая и  $V$  — визуальная. ФС с кривыми реакции, полуширины  $\Delta\lambda_{1/2}$  к-рых превышают 300 Å, наз. широкополосными, ФС с  $\Delta\lambda_{1/2} \approx 100-300$  Å — среднесплошными, а с  $\Delta\lambda_{1/2} \leq 100$  Å — узкополосными. Известно неск. десятков ФС.

Из широкополосных наиб. широкое распространение получила 12-цветная система Джовсона, являющаяся расширением  $UBV$  системы в ИК-область. Она содержит следующие полосы (в скобках приведены ср. длины волн  $\bar{\lambda}$  и полуширины полос  $\Delta\lambda_{1/2}$  в мкм):  $U$  (0,36; 0,04),  $B$  (0,44; 0,10),  $V$  (0,55; 0,08),  $R$  (0,70; 0,21),  $I$  (0,88; 0,22),  $J$  (1,25; 0,3),  $H$  (1,62; 0,2),  $K$  (2,2; 0,6),