

ности шара, затенённой экраном от исследуемого источника, в результате многократных отражений пропорциональна общему световому потоку этого источника.

Для осуществления разл. фотометрич. экспериментов применяется фотометрич. скамья—устройство, предназначенное для установки и перемещения на точно измеряемое расстояние (обычно до 3—5 м) фотометрич. головок, источников света, светопоглощающих экранов и др. фотометрич. принадлежностей.

Ф. лазерного излучения строятся по схеме  $z$  (рис.) с учётом малой угл. расходимости и огранич. размеров поперечного сечения лазерного пучка, при этом диафрагма  $D_f$  устанавливается на мин. расстоянии от приёмника П ( $l_0 \rightarrow 0$ ). При измерении общей мощности или энергии пучка лазерного излучения диаметр габаритной диафрагмы  $D_f$  должен быть больше поперечного размера  $d_n$  этого пучка, а при измерении распределения поверхностной плотности мощности или энергии излучения по сечению пучка  $d < d_n$  в необходимом для пространственного разрешения число раз.

Создание и применение импульсных Ф. сопряжено с необходимостью использования приёмников излучения с высоким разрешением во времени и широким динамич. диапазоном. Кроме того, в Ф. для сверхкоротких лазерных импульсов могут оказаться существенными длительность переходной или импульсной характеристики оптич. системы, возможные лучевые пробои оптич. элементов в местах фокусировки пучка, изменения коэф. пропускания сред и т. п. Для Ф. с абс. градуировкой характерны относительно большие систематич. погрешности измерений (обычно 10—20%); фотометрирование с погрешностью менее 5% возможно только в специализир. лабораториях.

Ф. для измерения отношения потоков излучения (коэф. пропускания и отражения образцов) имеют более высокую точность и строятся по одноканальной и двухканальной оптич. схемам. В однолучевом случае измеряется относит. уменьшение потока излучения при установке образца на пути луча. В двухлучевом случае ослабление образцом потока излучения в измерит. луче определяется по отношению к потоку излучения в т. н. опорном канале. Для уравнивания потоков излучения в каналах применяются регулируемые диафрагмы, фотометрич. клин и др. подобные устройства. Ф. для измерения коэф. пропускания и отражения светорассеивающих образцов строятся на базе фотометрич. шаров.

О спектрофотометрах см. в ст. *Спектральные приборы*. Ф. для измерения коэф. пропускания растворов веществ наз. хим. колориметром, а для измерения цвета объекта — трёхцветным колориметром (см. *Колориметр*).

Лит. см. при ст. *Фотометрия*.

А. С. Дойников.

**ФОТОМЕТР ИНТЕГРИРУЮЩИЙ**—шаровой *фотометр*, позволяющий определять световой поток по одному измерению. Осн. часть Ф. и.—фотометрич. шар (шар Ульбрихта), к-рый представляет собой полый шар (или полое тело иной формы) с внутр. поверхностью, окрашенной неселективной белой матовой краской. Диаметр шара, в к-рый помещается исследуемый источник излучения, должен значительно превышать размеры фотометрируемых источников света, вследствие чего для измерения световых потоков, напр. люминесцентных светильников, строят Ф. и. диаметром до 5 м. Иногда исследуемое излучение вводится в шар через небольшое по сравнению с его диаметром отверстие. Освещённость любой точки шара, экранной от прямых лучей исследуемого источника, пропорциональна световому потоку этого источника (в общем случае—потоку излучения) и измеряется, напр., с помощью встроенного в шар фотозлемента. Ф. и. широко применяется при световых и цветовых измерениях, в частности для измерения световых потоков ламп и светильников, коэффициентов отражения и пропускания.

Лит.: Тиходеев П. М., Световые измерения в светотехнике (Фотометрия), 2 изд., М.—Л., 1962.

Д. Н. Лазарев.

**ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**—величины, характеризующие оптич. излучение или по его действию на те или иные селективные приёмники оптич. излучения—т. н. *редуцированные фотометрические величины*, или относительно к его действию на к.-л. приёмники излучения, а на основе единиц энергии—т. н. *энергетические фотометрические величины*.

**ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ ПАРАДОКС** (парадокс Ольберса, парадокс Шезо—Ольберса)—несоответствие наблюдениям оценки яркости ночного неба, вытекающей из гипотезы бесконечной статической однородной евклидовой Вселенной. В самом деле, в рамках этой гипотезы любой луч зрения должен пересечь поверхность какой-нибудь звезды (иными словами, всё небо должно быть сплошь покрыто звёздами). Следовательно, яркость ночного неба должна быть равна ср. яркости фотосферы звезды, что, естественно, противоречит наблюдениям (см. *Фоновое космическое излучение*).

Ф. п. обсуждался мн. авторами ещё в 18 в., впервые—Ж. Шезо (J. P. L. de Chéseaux, 1744), однако наиб. цитируемой работой по этому вопросу стала работа Г. Ольберса (H. W. Olbers, 1826). Пытаясь устранить противоречие, Ольберс предположил существование разреженной поглощающей материи, ослабляющей свет далёких звёзд. Однако, как указал Дж. Гершель (J. Herschel, 1848), это предположение не снимает противоречия, поскольку в рамках этой же гипотезы о Вселенной материя нагреется светом звёзд и станет излучать столько же энергии, сколько она поглотит.

Для разрешения Ф. п. достаточно вспомнить о конечности скорости света и отказаться от гипотезы о бесконечной статической однородной евклидовой Вселенной. Как впервые показал У. Томсон (W. Thomson, 1901), Ф. п. не имеет места (т. е. ночное небо должно быть тёмным, как оно и есть в действительности), если выполняются следующие три условия: скорость света конечна; время существования Вселенной конечно либо конечно время светимости звёзд; ср. расстояние между звёздами порядка неск. световых лет или более. Количественно, если возраст Вселенной или возраст звёзд  $t_0 < 10^{14} L^3$  лет, где  $L$ —ср. расстояние между звёздами в световых годах, то звёзд недостаточно для того, чтобы полностью покрыть небо. Все эти три условия выполняются в совр. космологич. моделях. Иными словами, если мы посмотрим на всё более удалённые звёзды или галактики, то видим картину далёкого прошлого (вследствие конечности скорости света) и в конце концов доходим до времени, когда галактики и др. компактные объекты ещё не существовали.

Космологич. *красное смещение*, к-рое возникает в расширяющейся Вселенной, качественно не меняет вывод об отсутствии Ф. п., а только приводит к дополнит. ослаблению светимости далёких компактных объектов (т. е. ночное небо делается ещё более тёмным). С др. стороны, в расширяющейся Вселенной имеет место совр. вариант Ф. п., к-рый уже не является парадоксальным: за удалёнными галактиками во всех направлениях луча зрения мы непосредственно видим поверхность рекомбинации водорода в горячей Вселенной—сферу радиусом, равным расстоянию, к-рое свет прошёл с момента времени в прошлом, когда излучение во Вселенной оторвалось от вещества и далее распространялось свободно (см. *Горячей Вселенной теория*). Красное смещение уменьшает темп-ру излучения, приходящего с этой поверхности, до  $T=2,73$  К. Это и есть реликтовое *микроволновое фоновое излучение*. Плотность его энергии на неск. порядков больше суммарной плотности энергии излучения звёзд. Слабые неоднородности яркости поверхности рекомбинации, вызванные неоднородными возмущениями метрики пространства-времени и плотности энергии вещества в горячей Вселенной, приводят к возникновению угл. флуктуаций темп-ры реликтового излучения на относит. уровне  $\Delta T(\theta, \varphi)/T \approx 10^{-5}$ , к-рые предсказаны теорией и неоднократно наблюдались в разл. экспериментах (см. *Вселенная, Космология, Первичные флуктуации*). А. А. Старобинский.