

правило, обозначают  $m$  и называют  $M$ , реже — релятивистской  $M$ . ( $m_r$ ) или  $M$ . движения ( $m_{\text{движ}}$ ). При этом обычную  $M$ , о к-рой говорилось в этой статье, называют  $M$ . покоя или собственной  $M$ . и обозначают  $m_0$ . Одной из осн. ф-л теории относительности объявляется ф-ла

$$m = m_0 \gamma = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}. \quad (12)$$

Всё это приводит к терминологич. путанице, создаёт искажённые представления об основах теории относительности, создаёт впечатление, что величина  $\mathcal{E}/c^2$  играет роль инертной и гравитац.  $M$ . Однако это не соответствует действительности. Напр., если ускоряющая сила параллельна скорости тела, то «мерой инертности» является т. н. «продольная масса»,  $m_l = m_0 \gamma^3$ . Др. пример — релятивистское обобщение ф-лы (6) на движение лёгкой частицы (электрона или фотона) в гравитац. поле тяжёлого тела массы  $M$  (напр., Земли или Солнца). Можно показать (исходя из общей теории относительности), что в этом случае сила, действующая на лёгкую частицу, равна

$$F = - \frac{GM\mathcal{E}}{c^2} \left[ (1 + \beta^2) \frac{r}{r^3} - \frac{(r\beta)\beta}{r^3} \right], \quad (13)$$

где  $\beta = v/c$ . При  $\beta \rightarrow 0$  эта ф-ла переходит в (6). При  $\beta \sim 1$  величина, играющая роль «гравитац.  $M$ .», оказывается зависящей не только от энергии частицы, но и от взаимного направления  $r$  и  $v$ . Если  $v \parallel r$ , то «гравитац.  $M$ .» равна  $\mathcal{E}/c^2$ , а если  $v \perp r$ , то она равна  $(\mathcal{E}/c^2) \times (1 + \beta^2)$  [для фотона —  $2\mathcal{E}/c^2$ ]. Т. о., не имеет смысла говорить о «гравитац.  $M$ .» фотона, если для вертикально падающего на массивное тело (напр., Землю, Солнце) фотона эта величина в 2 раза меньше, чем для фотона, летящего горизонтально поверхности тела. Именно это является причиной того, что угол отклонения фотона в гравитац. поле Солнца оказывается в 2 раза больше, чем это следует из интерпретации величины  $\mathcal{E}/c^2$  как  $M$ .

В целом терминология, использующая понятия « $M$ . покоя», « $M$ . движения», ф-лы (11), (12) и т. п. артефакты, мешает понять сущность теории относительности, затрудняет в дальнейшем знакомство с совр. науч. литературой.

Лит.: 1) Einstein A., Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?, «Ann. Phys.», 1905, Bd 18, S. 639—41; 2) Эйнштейн А., Сущность теории относительности, пер. с англ., М., 1955, с. 7—44; 3) Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 7 изд., М., 1988; 4) Тейлор Э., Уилер Д., Физика пространства — времени, пер. с англ., 2 изд., М., 1971. Д. Б. Окунов.

**МАССА ПОКОЯ** частицы — масса частицы в системе отсчёта, в к-рой она покоится; одна из осн. характеристик элементарной частицы, обычно называемой просто её массой. См. также *Относительности теории*.

**МАССА ПРИВЕДЕННАЯ** — см. *Приведённая масса*.

**МАССА ПРИСОЕДИНЁННАЯ** — см. *Присоединённая масса*.

**МАССА СКРЫТАЯ** — см. *Скрытая масса*.

**МАССА ЭФФЕКТИВНАЯ** — см. *Эффективная масса*.

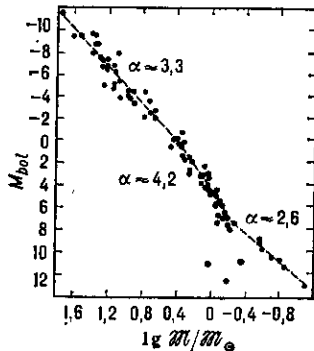
**МАСС-АНАЛИЗАТОР** — устройство для пространственного или временного разделения ионов с разл. значениями отношения массы к заряду. Один из осн. элементов *масс-спектрометра*.

**МАССА—СВЕТИМОСТЬ ЗАВИСИМОСТЬ** — отражает фундам. свойство стационарных звёзд, находящихся в тепловом и гидростатич. равновесии: чем больше масса звезды  $M$ , тем выше её светимость  $L$ . Зависимость установлена А. С. Эддингтоном (A. S. Eddington, 1921). На рис. представлена  $M$ —с. з. для звёзд гл. последовательности (см. *Герципрунга — Расселла диаграмма*), входящих в состав *двойных звёзд* с известными параметрами орбит компонентов и имеющих известные болометрич. светимости.

При тепловом равновесии кол-во энергии, выделяющейся в единицу времени в недрах звезды, равно кол-ву

энергии, излучаемому с её поверхности. Казалось бы, светимость звезды должна определяться только свойствами *термоядерных реакций*, к-рые являются источником энергии звёзд гл. последовательности. Однако светимость слабо зависит от скорости выделения энергии и определяется гл. обр. процессами переноса выделенной энергии из недр звезды к её поверхности. В большинстве звёзд перенос энергии осуществляется лучистой теплопроводностью, при к-рой поток переносимой энергии пропорционален градиенту темп-ры и зависит также от *непрозрачности* звездного вещества. В каждой точке гидростатически равновесной звезды градиент давления уравновешивается силой тяготения, определяемой массой звезды. Средний по звезде градиент давления, как и градиент темп-ры, тем больше, чем больше масса звезды. Следовательно, и светимость звезды тем выше, чем больше её масса.

Непрозрачность вещества сильно зависит от характера взаимодействия излучения с веществом и от его



Зависимость масса — светимость для звёзд, лежащих на главной последовательности или вблизи неё. По оси абсцисс отложена масса в относительных логарифмических единицах, по оси ординат — болометрическая светимость, выраженная в абсолютных звездных величинах ( $M_{bol}$ ). Пунктирные линии изображают аппроксимирующие зависимости  $L \sim M^{\alpha}$  для трёх интервалов масс звёзд.

хим. состава. Обычно  $M$ —с. з. представляют в виде степенной ф-ции  $L \sim M^{\alpha}$ . Если непрозрачность вещества по всей звезде определяется только процессами рассеяния на свободных электронах и доминирует давление излучения, то  $\alpha = 1$ . Если давление газа сопоставимо с давлением излучения, то  $\alpha = 3$ . В др. случае, когда по всей звезде при взаимодействии излучения с веществом преобладают тормозные процессы (связанные с изменением состояния свободных электронов), показатель степени лежит в пределах от 5,2 до 5,7 в зависимости от свойств термоядерных реакций. В реальных звёздах происходит одновременно процессы рассеяния, тормозные процессы, а также фотопроцессы, что приводит к отклонению значений  $\alpha$  от указанных выше. Кроме того, показатель степени  $\alpha$  является ф-цией массы звезды  $M$ , поскольку относится роль процессов рассеяния, тормозных процессов и фотопроцессов, а также скорость выделения энергии зависит от массы звезды. Роль процессов рассеяния растёт с увеличением массы звезды.

Экспериментально можно выделить три области с приблизительно пост. значениями показателя степени (рис.):  $\alpha \approx 3,3$  при  $1,7 > \lg M/M_{\odot} > 0,6$ ;  $\alpha \approx 4,2$  при  $0,4 > \lg M/M_{\odot} > -0,2$  и  $\alpha \approx 2,6$  при  $-0,2 > \lg M/M_{\odot} > -1,1$  ( $M_{\odot}$  — масса Солнца). Во всём диапазоне масс звезд показатель степени  $\alpha$  больше единицы.

Запас ядерной энергии в звезде пропорционален массе. Отсюда следует важнейшая закономерность, к-рой подчиняются все звёзды: чем больше масса звезды, тем быстрее истощаются в ней запасы ядерной энергии и тем меньше время жизни звезды.

Лит.: Чандрасекар С., Введение в учение о строении звезд, пер. с англ., М., 1950; Дай Э. А., Каплан С. А., Размеры и подобие астрофизических величин, М., 1976; Ягер К. де, Звезды наибольшей светимости, пер. с англ., М., 1984. В. П. Утробин.

**МАССОВАЯ СИЛА** — сила, действующая непосредственно на каждую из частиц данного тела и численно пропорциональная массам этих частиц; то же, что объёмная сила. Пример  $M$ . с. — сила *тяготения*.