

ца. Обозначая $x_k = p_k$, $x_{n+k} = q_k$, получим канонически сопряжённые переменные, в к-рых Г. с. запишется в виде (*).

Следуя этой схеме, можно перенести понятие Г. с. на распределённые системы, описывающие классич. поля. Примером может служить *Кортевега — де Фриса уравнение* $v_t + 6vv_x + v_{xxx} = 0$. В качестве фазового пространства выбирают убывающие на бесконечности ф-ции $v(x)$, для к-рых существует функционал

$$H[v] = \int_{-\infty}^{\infty} (-c_x^2/2 + v^3) dx,$$

играющий роль функции Гамильтона. Скобку Пуассона функционалов $S[v]$, $R[v]$ определяют равенством

$$\{S, R\} = \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{\delta S}{\delta v} \frac{\partial}{\partial x} \frac{\delta R}{\delta v} \right) dx,$$

где $\delta/\delta v$ означает функциональную производную. Тогда уравнение Кортевега — де Фриса переписывается в виде $v_t = -(\partial/\partial x)\delta H/\delta v$, т. е. представляет собой Г. с., имеющую к тому же бесконечный набор интегралов. Распределёнными (и даже интегрируемыми) Г. с. являются также *Шрёдингера уравнение нелинейное*, *синус-Гордона уравнение* и описывающие намагниченность одноосного ферромагнетика *Ландау — Лифшица уравнения*.

Лит.: Мозер Ю., Лекции о гамильтоновых системах, пер. с англ., М., 1973; Арнольд В. И., Математические методы классической механики, 2 изд., М., 1979; Теория солитонов, М., 1980; Лихтенберг А., Либерман М., Регулярная и стохастическая динамика, пер. с англ., М., 1984.
Л. М. Лерман.

ГАММА (γ) — 1) единица напряжённости магн. поля, равная одной стотысячной эрстеда: $1\gamma = 10^{-5}$ Э = $7,95775 \cdot 10^{-4}$ А/м. 2) Редко применяемая дольная единица массы: $1\gamma = 10^{-9}$ кг = 10^{-6} г.

ГАММА-АСТРОНОМИЯ — раздел астрономии, изучающий разл. космич. объекты по их эл.-магн. излучению в гамма-диапазоне (длины волн $\lambda < 10^{-12}$ м, что соответствует энергии фотона $\epsilon > 10^5$ эВ). Со стороны низких энергий Г.-а. граничит с *рентгеновской астрономией*, со стороны высоких энергий наблюдения ограничены макс. энергиями фотонов, доступными измерениям ($\epsilon \sim 10^{16} - 10^{17}$ эВ). Т. к. космич. γ -излучение полностью поглощается земной атмосферой, гамма-астрономич. наблюдения проводят в верх. слоях атмосферы и за её пределами (используя аэростаты, геофиз. ракеты и космич. аппараты (КА)) или с поверхности Земли, исследуя реакции фотонов γ -излучения с атомами атм. газов.

Гамма-излучение (ГИ) возникает при взаимодействии частиц высоких энергий (*космических лучей*) с веществом и эл.-магн. полями в космич. пространстве, а также в процессе *аннигиляции* частиц с античастицами (рис. 1). Поскольку эл.-магн. сечения генерации ГИ хорошо известны, измерения интенсивности ГИ дают сведения о космических лучах, полях излучения, плотности и составе космических мишеней (компактные объекты, межзвёздная и межгалактическая среда).

Ввиду слабого рассеяния ГИ межзвёздной и межгалактич. средами источники ГИ могут быть видны на расстояниях до космологич. *красного смещения* $z \sim 100$, что при создании γ -телескопов с высоким разрешением и высокой чувствительностью позволит получить достаточно полную и чёткую карту неба в γ -излучении.

По особенностям генерации и методам регистрации разделяют след. энергетич. интервалы ГИ: мягкое ($\epsilon \approx 10^5 - 10^6$ эВ), среднее ($10^6 - 10^7$ эВ), высокоэнергичное (или жёсткое, $10^7 - 10^{11}$ эВ), сверхвысоких энергий ($10^{11} - 10^{14}$ эВ) и ультравысоких энергий ($10^{14} - 10^{17}$ эВ). Мягкое ГИ, возникающее при высве-

чивании возбуждённых ядер и в ядерных реакциях, состоит из отд. спектральных линий (линейчатое ГИ), уширенных в результате теплового движения атомов. Наложение отд. линий может создавать непрерывный спектр. В этот же интервал попадает аннигиляц. излучение, возникающее при аннигиляции позитронов

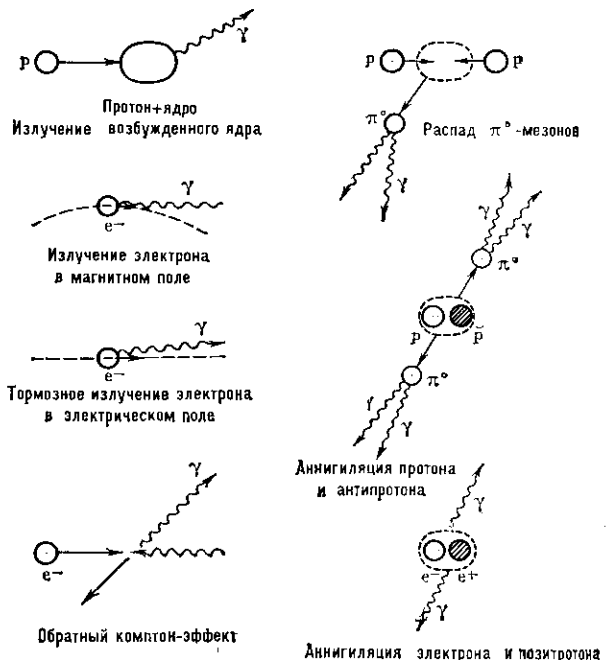


Рис. 1. Схематическое изображение элементарных процессов генерации γ -излучения.

(e^+) с электронами (e^-). В результате двухфотонной e^+e^- -аннигиляции образуется спектральная линия 511 кэВ. Кроме линейчатого излучения, в этот и последующие энергетич. интервалы дают вклад процессы, приводящие к непрерывному спектру γ -излучения: тормозное, магнитотормозное (синхротронное), изгибное излучения электронов и обратное комптоновское рассеяние электронов на малоэнергичных фотонах, в т. ч. на фотонах реликтового излучения. Испускание фотонов средних и высоких энергий (гамма-диапазона) обусловлено в основном радиац. распадами элементарных частиц, образующихся при взаимодействии протонов и ядер космич. лучей с веществом, а также в процессе pp -аннигиляции. Гл. вклад даёт распад нейтральных пионов: $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$. Энергетич. спектр «пионных» фотонов характеризуется максимумом интенсивности, приходящимся на энергию $\epsilon = m_{\pi^0}/2 = 67,5$ МэВ. ГИ сверхвысоких и ультравысоких энергий генерируют электроны и протоны соответствующих высоких энергий, спектр — непрерывный.

Регистрация фотонов ГИ основана на процессах их взаимодействия с веществом: фотоэффекте, комптоновском рассеянии и образовании e^+e^- -пар (см. *Гамма-излучение*).

В телескопах, регистрирующих космич. ГИ, используются сцинтилляторы из NaI, CsI, в состав к-рых входят ядра с большим зарядом Z (сечение фотоэффекта пропорционально Z^5), полупроводниковые детекторы на основе кристаллов германия, обладающие лучшим энергетич. разрешением ($\sigma_{\epsilon} \sim 1$ кэВ при энергии $\epsilon = 1$ МэВ), жидкостные и газовые ксеноновые счётчики. Направленность телескопов создаётся за счёт внешнего активного или пассивного коллиматора, ограничивающего апертуру прибора несколькими градусами. Более высоким угл. разрешением обладают телескопы двойного комптоновского рассеяния (рис. 2),