

(например, найденного по мере дисперсии пульсаров) оценивают величину магнитного поля Галактики. Величина RM для внегалактических источников лежит в пределах ± 150 рад/м². Метод определения B_{\parallel} , использующий меру вращения, позволяет оценивать не только величину, но и направление магнитного поля (от наблюдателя или по направлению к нему).

Галактическое магнитное поле проявляется также при наблюдениях межзвездной поляризации света.

Измерения показали, что в нашей и других галактиках магнитное поле имеет две компоненты, сопоставимые по величине (несколько микрогаусс): регулярную (поле направлено преимущественно вдоль спиральных рукавов) и хаотическую, с характерным масштабом изменения направления поля в несколько сотен парсек.

4.11. Задачи

1. Получить формулу, описывающую форму спектра синхротронного излучения (4.18), считая, что спектр излучения электрона с энергией E имеет узкий пик вблизи частоты $\nu \sim \gamma^2 \nu_g$, где $\nu_g = eB/(2\pi m_e c)$ — гирочастота в магнитном поле B , а распределение электронов по энергиям степенное: $N(E)dE \sim E^{-p}dE$.

Решение. Мощность излучения J_ν в интервале частот $\nu, \nu + d\nu$: $J_\nu d\nu = -(dE/dt)N(E)dE$, где потери энергии одного электрона на синхротронное излучение $-dE/dt \sim \gamma^2 B^2$, $E = \gamma m_e c^2$. Лоренц-фактор записываем через частоту излучения: $\gamma \sim (\nu/\nu_g)^{1/2} \sim (\nu/B)^{1/2}$, тогда $dE \sim (\nu B)^{-1/2} d\nu$. Опуская константы, имеем: $J_\nu d\nu \sim (\nu B) (\frac{\nu}{B})^{-p/2} (\nu B)^{-1/2} d\nu$, и окончательно

$$J_\nu \sim B^{(p+1)/2} \nu^{-(p-1)/2},$$

что и требовалось доказать.

2. Пусть в результате столкновения (рассеяния) частица с энергией E_0 с вероятностью p приобретает энергию $E = \beta E_0$. Показать, что при этом в результате многих рассеяний сформируется степенное (а не максвелловское) распределение частиц по энергиям.

Решение. После k столкновений будем иметь $N_k = p^k N_0$ частиц с энергией $E = \beta^k E_0$. Исключая k , получаем $\ln(N/N_0)/\ln(E/E_0) = \ln p / \ln \beta$, откуда

$$N/N_0 = (E/E_0)^{\ln p / \ln \beta}$$

На самом деле здесь получена доля частиц с энергией $\geq E$, так как некоторые частицы, набравшие энергию E , приобретают еще большие энергии. В дифференциальной форме можно записать

$$\frac{dN}{dE} \sim E^{\left(\frac{\ln \bar{p}}{\ln \bar{\beta}} - 1\right)}.$$

Эти рассуждения объясняют, почему в результате механизма Ферми формируются нетепловые (степенные) распределения частиц по энергиям. Например, оказалось, что для конкретной ситуации ускорения частиц на фронтах сильных ударных волн (механизм Ферми первого рода) $\ln \bar{p} / \ln \bar{\beta} = -1$ и $dN/dE \sim E^{-2}$, что близко к наблюдаемому показателю спектра космических лучей. Эти же рассуждения можно применить к процессу многократного рассеяния мягких фотонов на релятивистских электронах (обратный комптон-эффект). При этом (в случае не слишком большой оптической толщи по рассеянию) высокочастотная часть теплового спектра трансформируется в степенной (нетепловой) спектр. Такие спектры часто наблюдаются в жестких источниках рентгеновского излучения (тесные двойные системы с нейтронными звездами и черными дырами, ядра активных галактик и квазары и т. д.).