

зырьковые камеры, под ред. Н. В. Делоне, М., 1963; С у п К., Пузырьковая камера. Измерение и обработка данных, пер. с англ., М., 1970; H a r i g e l G. G., Holography in the Fermilab, 15-foot bubble chamber, «Nucl. Instr. and Methods», 1967, т. А257, р. 614. М. И. Соловьева.

ПУЛЬСАРЫ — космич. радиосточники, излучение к-рых представляет собой периодич. последовательность импульсов. Первые П. открыты в кон. 1967 группой радиоастрономов Кембриджского ун-та (Великобритания) под руководством Э. Хьюиша (А. Hewish).

Данные наблюдений. Известно более 500 П. Периоды P следования импульсов излучения наблюдаемых П. заключены в интервале от $\approx 1,6$ мс до $\approx 4,3$ с.

Обозначение П. состоит из букв PSR (от англ. pulsar) и его экваториальных координат (см. *Координаты астрономические*) — прямого восхождения α в часах (h) и минутах (m) и склонения δ в градусах. Напр., PSR 1919 + 21 обозначает П. с координатами $\alpha = 19^h, 19^m, \delta = +21^\circ$.

Периоды П. чрезвычайно стабильны. Напр., период первого открытого PSR 1919 + 21 равен $1,337304100168 \pm 7 \cdot 10^{-11}$ с. Однако достаточные длительные наблюдения (недели и месяцы) показали, что периоды П. медленно увеличиваются со временем. Характерное время удвоения периода $\sim 10^8$ лет для самого молодого П. и $\sim 10^9$ лет для наиб. старых П. Иногда у нек-рых П. наблюдаются резкие (за времена меньше суток) скачки периода. Впервые скачки периода зарегистрированы у двух самых молодых П. Относит. изменение периодов ($\Delta P/P$) составляло $\sim 3 \cdot 10^{-9}$ (PSR 0531 + 21 — П. в Крабовидной туманности) и $2 \cdot 10^{-6}$ (PSR 0833 — 45 — П. в созвездии Парусов). У PSR 0833 — 45 скачки наблюдались примерно раз в 2 года и имели $\Delta P \equiv P_2 - P_1 < 0$ (P_1, P_2 — периоды до и после скачка). У PSR 0531 + 21 скачки происходили в неск. раз чаще и имели как положительную, так и отрицат. величину ΔP . Впоследствии скачки периодов зарегистрированы и у старых П., причём у одного из них величина $\Delta P/P$ оказалась в ~ 100 раз большей, чем у PSR 0531 + 21.

Отд. импульсы радиоизлучения данного П. совершенно непохожи друг на друга. Однако форма усреднённого импульса, полученная усреднением неск. сотен импульсов, весьма стабильна. Для подавляющего большинства П. ширина (длительность) Δt усреднённого импульса на уровне половины макс. интенсивности заключена в интервале $(0,01 - 0,1)P$ и в ср. равна $0,04 P$. Однако у неск. П. величина Δt сильно отличается от ср. значения. Так, напр., излучение PSR 1541 + 09 длится почти половину его периода, у PSR 0826 — 34 — в течение всего периода. Отношение $\Delta t/P$ зависит от частоты, на к-рой ведутся наблюдения.

У ряда П. профиль усреднённого импульса резко меняется, принимая на нек-рое время другую стабильную форму, затем также резко восстанавливает свою первонач. форму. Это явление наз. сменой моды излучения П. Длительность пребывания П. в той или иной моде обычно составляет от неск. минут до неск. часов. Иногда радиоизлучение П. резко пропадает, а затем скачком возвращается к нормальному значению. Интенсивность радиоизлучения П. при таком его замирании падает более чем в 100 раз. Характерная длительность замираний от $1P$ (отсутствует лишь один импульс) до неск. десятков P .

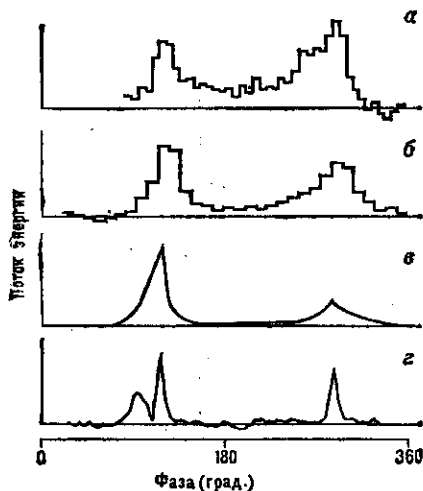
Импульсы радиоизлучения П. состоят из одного или более субимпульсов. У большинства П. субимпульсы появляются хаотически в пределах усреднённого импульса. Однако у нек-рых П. субимпульсы в последоват. импульсах систематически дрейфуют через профиль усреднённого импульса. Скорость дрейфа субимпульсов такова, что через время $\sim (2 - 20)P$ расположение субимпульсов периодически повторяется. Субимпульсы также имеют сложную временную структуру и состоят из отд. микроимпульсов. Так, напр., потоки радиоизлучения PSR 0950 + 08 и PSR 1433 + 16 яв-

ляются сильно переменными на временах вплоть до предела разрешения $\sim 10^{-6}$ с.

Излучение П., как правило, сильно поляризовано. Степень линейной поляризации радиоизлучения нек-рых П. (напр., PSR 0833 — 45) близка 100%. У ряда П. наблюдается также круговая поляризация радиоизлучения, достигающая 30 — 50%.

Радиоизлучение П. исследовалось в диапазоне частот от неск. десятков МГц до ~ 10 ГГц. Хотя для разл. П. спектры сильно отличаются, они обладают рядом общих свойств, а именно: на частотах ниже ~ 100 МГц и выше неск. ГГц наблюдается, как правило, сильное уменьшение плотности потока радиоизлучения, т. е. имеет место т. н. завал спектра; внутри же данного интервала частот спектр излучения степенной, со спектральным индексом от 0,6 до ≈ 3 .

От неск. П. наблюдается не только радио-, но и более высокочастотное излучение. Среди них особое место занимает молодой PSR 0531 + 21 (возраст $\sim 10^8$ лет), от к-рого зарегистрировано импульсное излучение практически во всём доступном для наблюдений диапазоне: от ДВ-радиоизлучения (частота $\nu \sim 30$ МГц) до сверхжесткого γ -излучения ($\nu \sim 10^{27}$ Гц, $h\nu \sim 10^{12}$ эВ). В этом диапазоне частот фазы максимумов импульсов излучения совпадают (рис.). Мощность излучения PSR 0531 + 21 ок. 10^{30} эрг/с в радиодиапазоне, $\sim 10^{33}$ эрг/с в оптич. диапазоне, 10^{36} эрг/с в рентг. диапазоне и 10^{35} эрг/с в γ -диапазоне. Т. о., осн. излучение



Профили усреднённых импульсов излучения PSR 0531 + 21 в гамма (а), рентгеновском (б), оптическом (в) и радиодиапазонах (г).

этого П. сосредоточено в рентг. и гамма-диапазонах, в радиодиапазоне испускается лишь ничтожная ($\sim 10^{-6}$) доля излучения. Аналогичная ситуация имеет место и для остальных П., от к-рых наблюдается ВЧ-излучение.

Оказалось, что молодые П., возраст к-рых не превосходит существенно 10^4 лет, расположены внутри остатков вспышек сверхновых (связь с остатками сверхновых надёжно установлена для восьми П.). Следовательно, все П. либо значит. часть их образуются при вспышках сверхновых звёзд. Отсутствие оболочек вокруг подавляющего большинства П. связано с тем, что за время их жизни ($\sim 10^8 - 10^7$ лет) окружавшие П. оболочки уже рассеялись.

Ок. 4% П. входят в двойные системы. В 1986 обнаружено излучение звёзд, являющихся компаньонами PSR 0655 + 64 и PSR 0820 + 02. Обе звезды оказались белыми карликами. Тот факт, что один из этих белых карликов очень старый (его возраст превосходит $2 \cdot 10^9$ лет), радикально повлиял на совр. представления об