

Пульсары

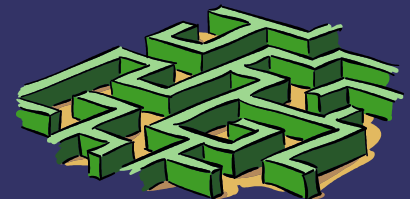
И.Ф.Малов, В.М.Малофеев



Яркостные температуры радиоизлучения пульсаров в спокойном состоянии достигают значений $T_b \sim 10^{26} - 10^{30} \text{ К}$.

Во вспышечные периоды и особенно в гигантских импульсах T_b может быть на несколько порядков выше.

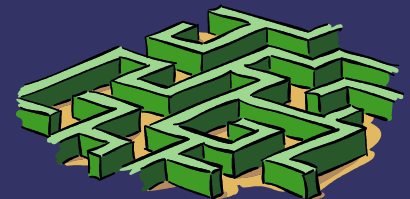
Такие яркостные температуры свидетельствуют об очень эффективных когерентных механизмах излучения, связанных с магнитными полями порядка $10^{11} - 10^{13} \text{ Гс}$ и электрическими полями $\sim 10^{10} - 10^{12} \text{ Вольт/см}$.



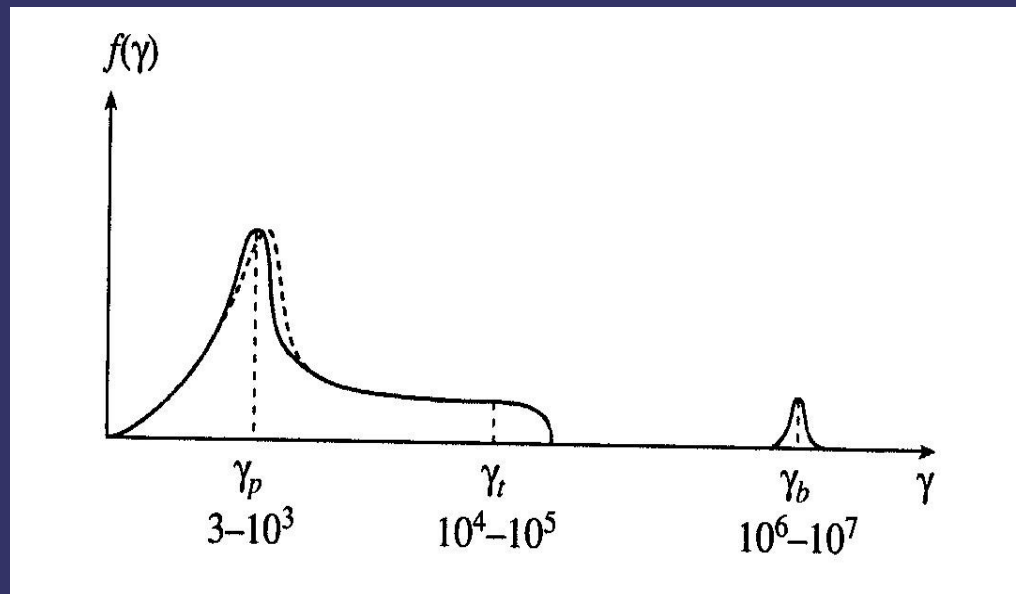
Когерентные механизмы в радиопульсарах
связаны с генерацией электронно-позитронной
плазмы за счёт распада гамма-квантов:



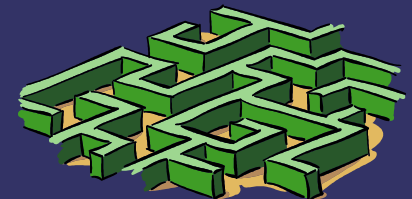
и формирования одномерной функции
распределения:



Функция распределения плазмы в магнитосфере пульсара



Пунктир —
функция
распределения
позитронов.
 γ — лоренц-
фактор частиц.



Такая плазма оказывается неустойчивой.

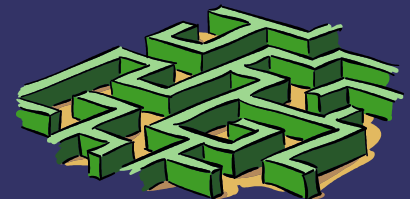
В результате развиваются ленгмюровская и/или циклотронная неустойчивости. В первом случае характерной частотой является локальная плазменная частота

$$\omega_p = \left(4\pi n e^2 / m_e \right)^{1/2},$$

во втором — циклотронная частота

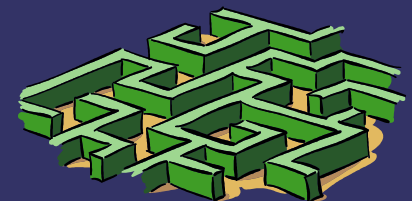
$$\omega_c = eB / m_e c$$

Развитие этих неустойчивостей приводит к когерентному излучению.



На периферии магнитосферы у частиц появляются ненулевые питч-углы и может становиться заметной роль синхротронного механизма.

Синхротронное излучение даёт дополнительную мощность, и с этим могут быть связаны уплотнения или даже подъём интенсивности у ряда пульсаров на высоких частотах.



Гигантские импульсы

PSR 0531+21 и 1937+21



Table 4. Summary of parameters of GPs of the Crab pulsar

Frequency, MHz	Radio telescope	Time, h	E_{min} , kJy μ s	E_{max} , kJy μ s	Number of GP	MP	IP	Reference
23	UTR-2	12.0	300 000	600 000	45			[17]
111	BSA	0.25	900	17 000	128			[17]
146	Algonquin	6.0	3200	96 000	440	-2.5	-2.8	[10]
200	MWA-LFD	3.5	3000	15 000	31	-1.7		[20]
430	Arecibo	1.0	13	44 000	10 000	-2.3		[2]
600	Kalyazin	3.0	18	2000	4287	-2.2	-2.2	[12]
600	Kalyazin	160	320	4000	1117	-2.3		This paper
812	Green Bank	100	37	800	30000	-2.5		[21]
1200	Westerbork	3.5	0.6	800	18000	-1.7 -3.2	-1.6	[6]
4850	Kalyazin	160	5	100	352	-1.8		This paper
8800	Arecibo	3.1	0.07	10	1200	-2.9		[2]



Статистика гигантских импульсов в Крабе

За 160 часов наблюдений 7 событий в час на 600 МГц и 2,2 — на 4850 МГц.

Плотность потока в импульсе на 410 МГц $S = 4 \cdot 10^5$ Ян. Спектральный индекс $\alpha \approx 2$.

Наблюдается частотная модуляция с глубиной модуляции до 100% с характерными частотами от 0,15 МГц на 600 МГц до 20 МГц на 4850 МГц.

Высокая степень круговой поляризации (до > 50 %).

М. V. Popov et al. Astron. Rep. 52, 900, 2008.



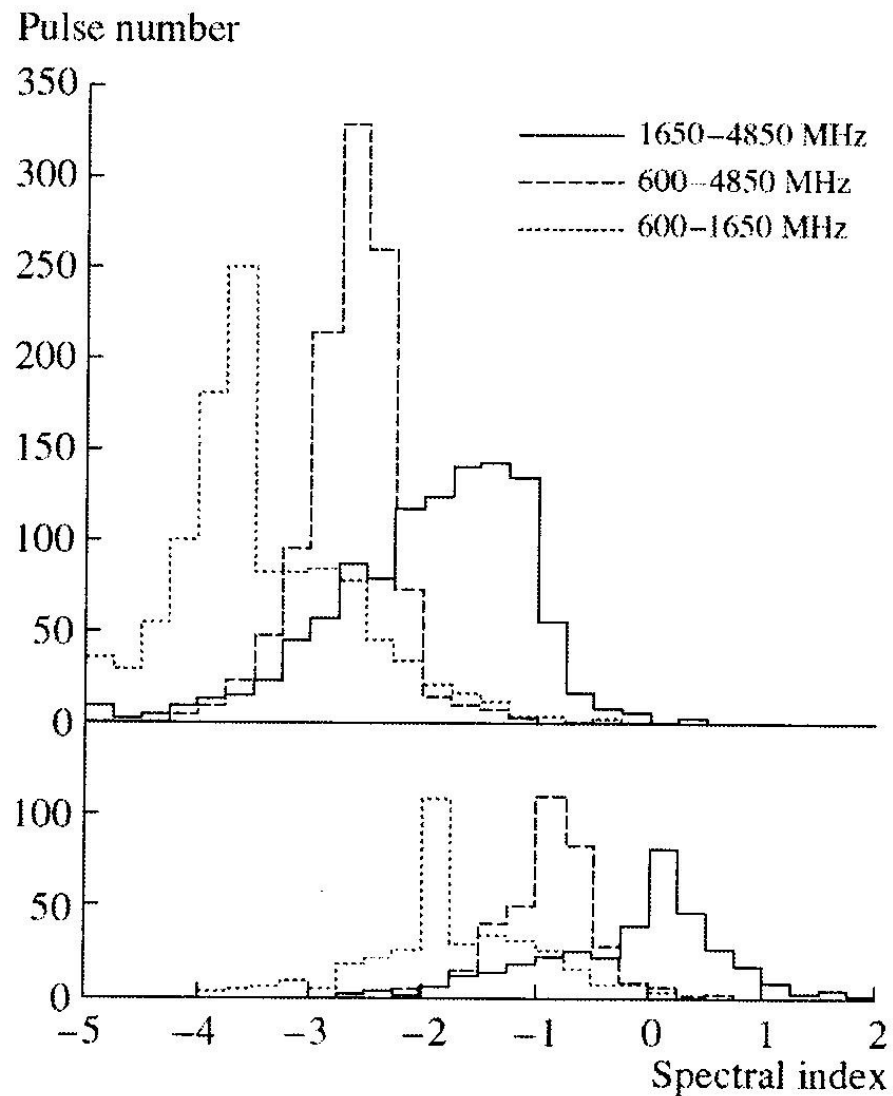


Fig. 3. Distribution of spectral indices for GPs detected at 4850 MHz (lower panel) and 600 MHz (upper panel). The distributions of spectral indices are shown between 1650 and 4850 MHz (solid); between 600 and 4850 MHz (dashed); and between 600 and 1650 MHz (dotted).

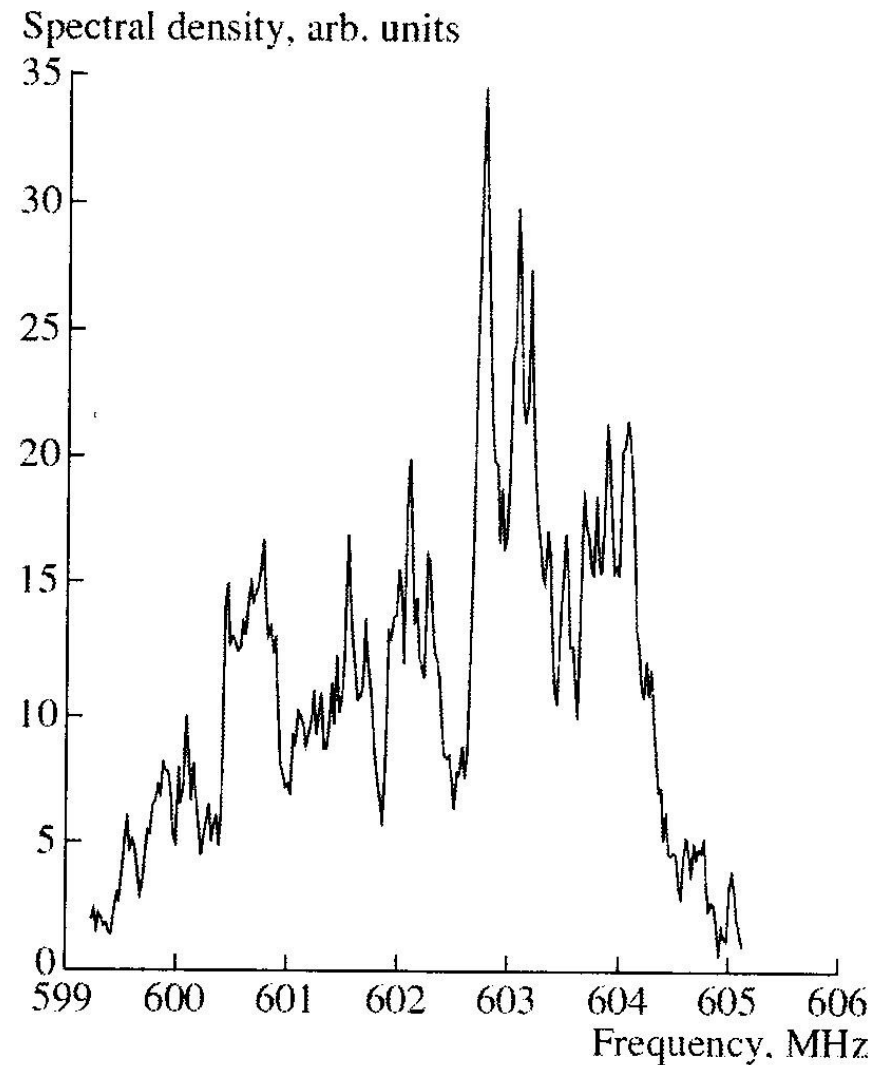


Fig. 4. Raw GP record at 600 MHz demonstrating the transit of a pulse across the receiver passband. For clarity, the time is reversed, and the horizontal axis is labeled in MHz.

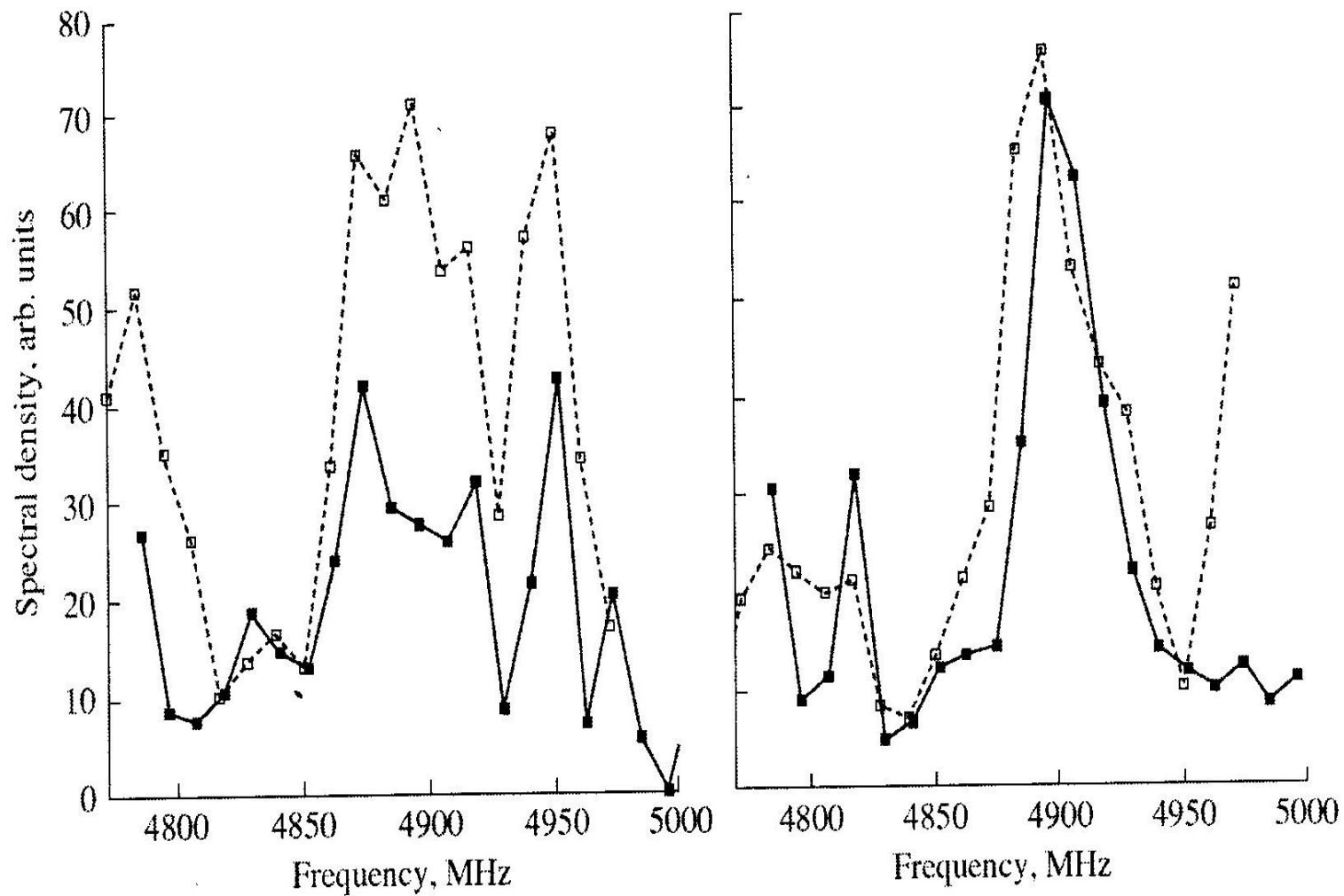


Fig. 5. Sample radio spectra of individual GPs at 4850 MHz obtained by converting time to frequency, as in Fig. 4. The filled squares and open squares correspond to the channels with RCP and LCP.



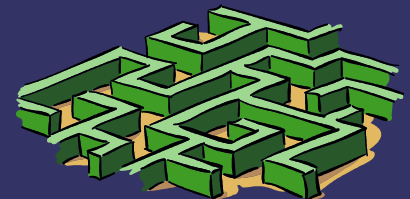
PSR 1937+21

За 7,5 часов наблюдений на 2100 МГц 120 событий с потоком в импульсе $\sim 10^4$ Ян.

Наблюдались мерцания с полосой декорреляции ~ 4 МГц.

Высокая степень круговой ($\sim 80\%$) и линейной ($\sim 50\%$) поляризации.

V.I.Kondratiev et al. *Astro-ph/0703046*.



Вспышки излучения в пульсарах

PSR 0950+08

Флуктуации плотности потока на масштабах дней в 17 раз.

Вспышки на 111 МГц до сотен янских в импульсе. Число событий ~ 30 в час.

Спектральный индекс ~ 2 .

Наблюдаются мерцания.

Smirnova T.V. Astron. Rep. 50, 915, 2006.



RRATs

PSR 1819-14

Пиковые потоки до 4 Ян на 1400 МГц при
числе событий порядка 1 импульса в час



AXP + SGR

На 8350 МГц плотности потока от 1 до 120
мЯн при спектральном индексе в
диапазоне от 1,4 до 14,6 ГГц $\sim 0,3$.

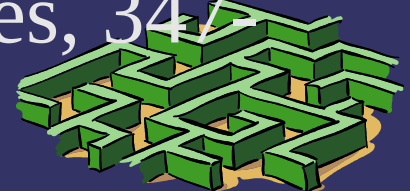
Lazaridis et al. MNRAS (2008).



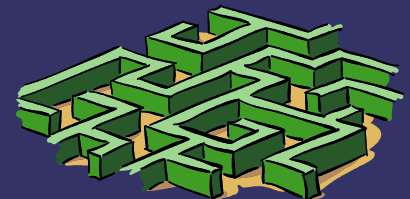
Определение расстояний до пульсаров

Для определения энергетических параметров источников нужны точные расстояния. Оценки по мере дисперсии могут отличаться от истинных расстояний на порядок вследствие большой неоднородности межзвёздной плазмы (от сотых до десятых электрона в 1 см^3). Наземные интерферометрические измерения выполнены лишь для единичных объектов (PSR B0950+08 и B1929+10).

J.H.Taylor et al. Pulsar Astrometry. R.Fanti et al (eds.). VLBI and Compact Radio Sources, 347-352, 1984.



Грубые оценки показывают, что с помощью «Радиоастрона» можно было бы измерить точные расстояния до десятков достаточно мощных пульсаров. Это позволило бы уточнить энергетические параметры этих объектов и дало бы дополнительную информацию (с использованием данных о мере дисперсии) о структуре межзвёздной среды.

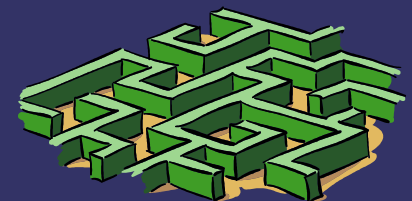


Собственные движения

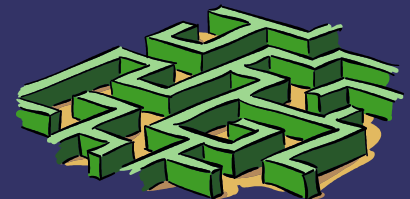
«Радиоастрон» может провести измерения координат и собственных движений нескольких десятков достаточно мощных пульсаров.

С собственными данными о расстояниях до них можно дать значения тангенциальных скоростей.

Эти измерения важны не только для понимания природы начального импульса, получаемого нейтронной звездой при взрыве сверхновой, но и для проверки модели, предполагающей наличие глобальной анизотропии наблюдаемой части Вселенной, т.е., для решения ряда космологических проблем.



Lyne et al. (MNRAS 201, 503, 1982)
измерили собственные движения 26
пульсаров, используя базу 127 км с
расстоянием между лепестками 1,2
угловой сек на 408 МГц.



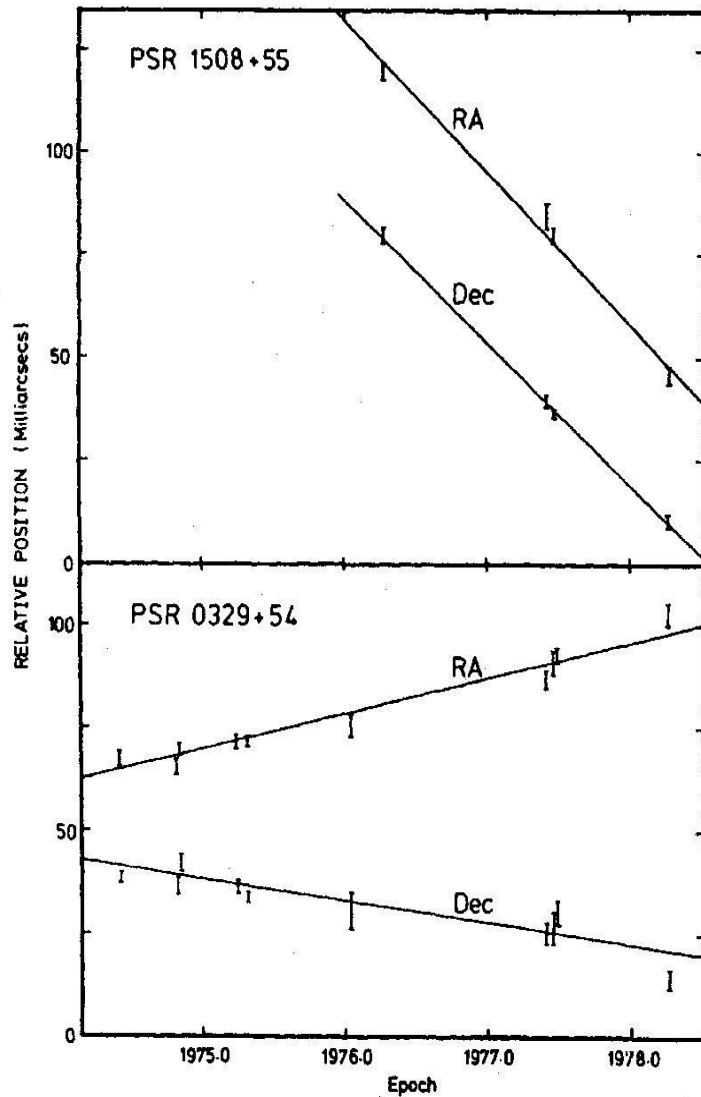
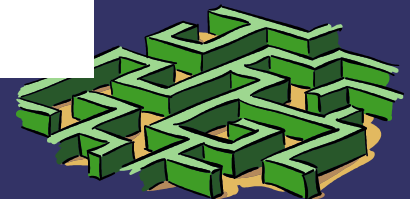


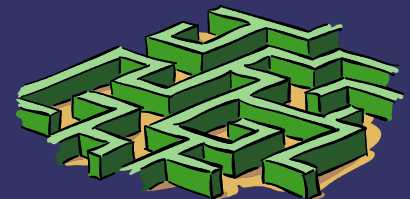
Figure 3. The positions of PSR 0329 + 54 and PSR1508 + 55 relative to their reference sources as a function of epoch.



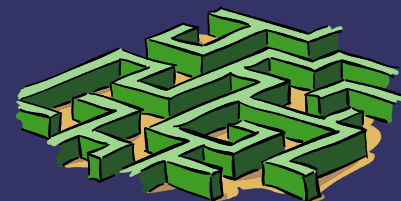
The proper motions of 26 pulsars

Table 3. The apparent proper motions between reference sources.

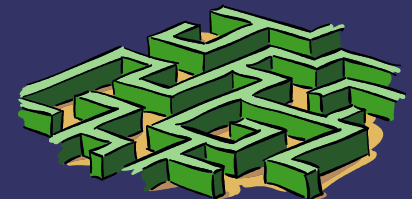
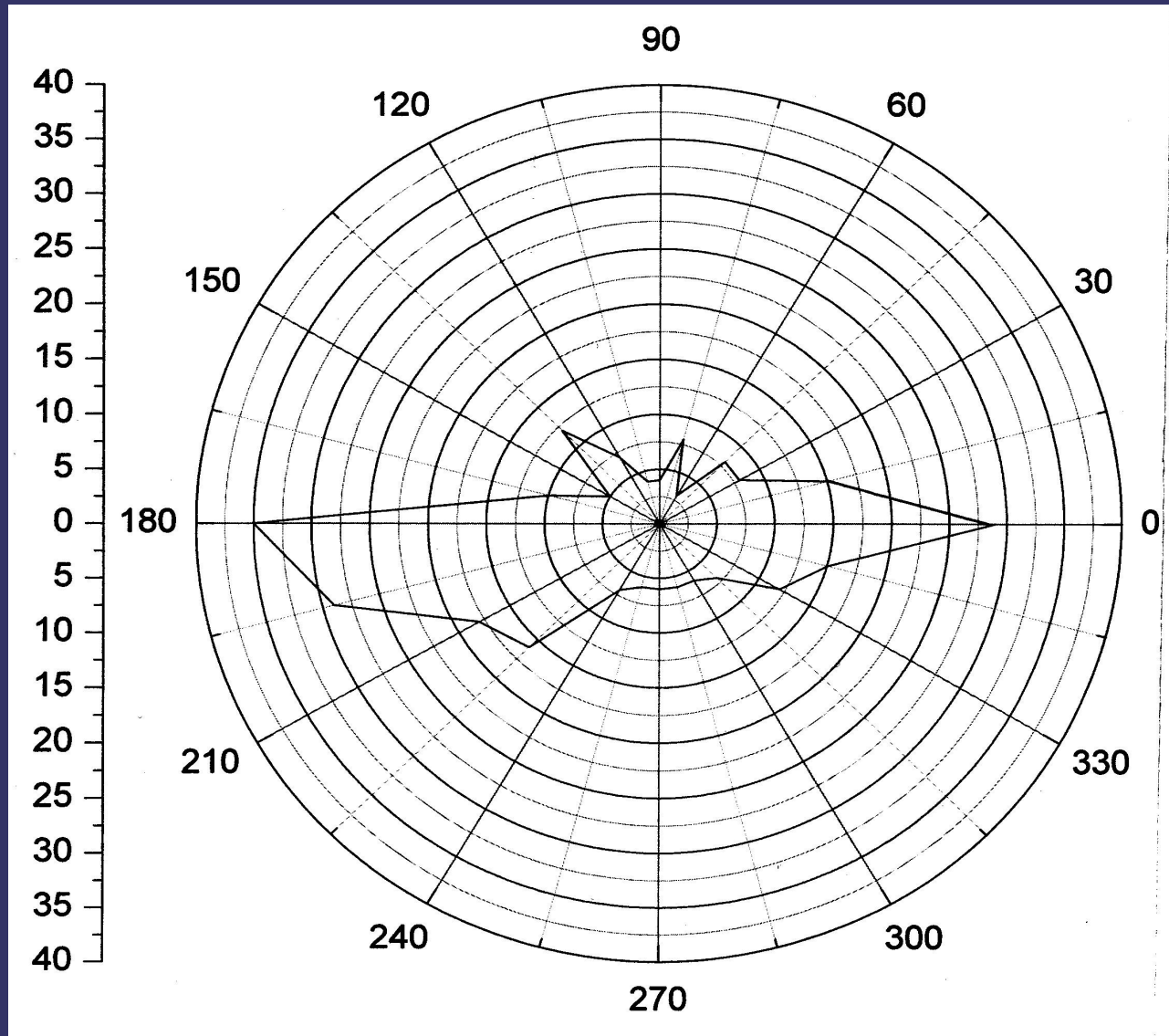
PULSAR	PM (MAS/YR)	ERR
0301+19	20	13
0525+21	33	15
0943+10	8	9
1604-00	8	13
1818-04	17	6
2303+30	17	8
3C343/3C343.1	7	3



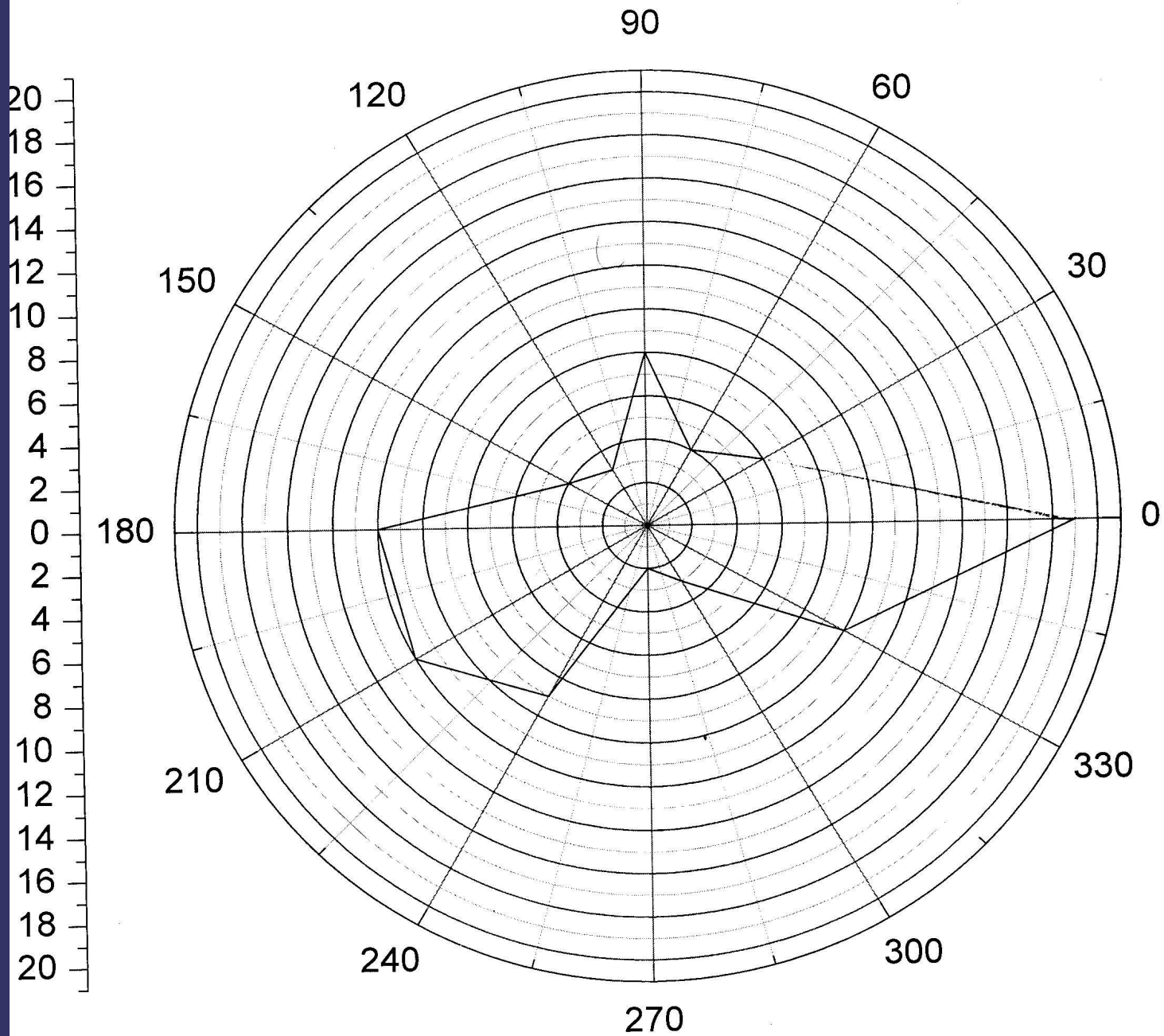
$$\xi = \operatorname{arctg} \frac{\mu_{\alpha}}{\mu_{\delta}}$$



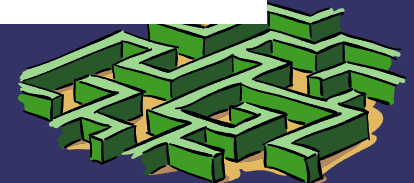
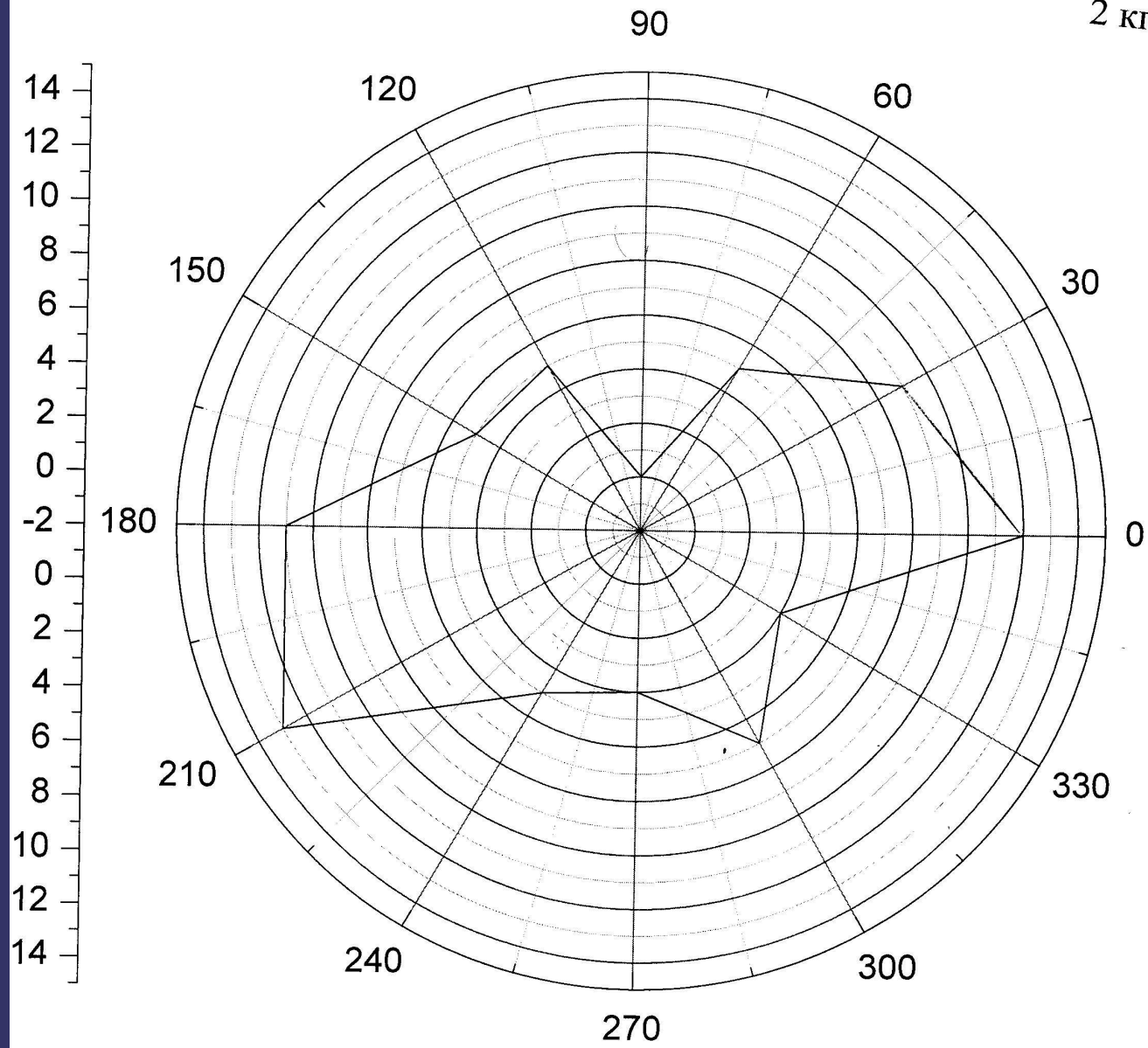
Анизотропия скоростей пульсаров

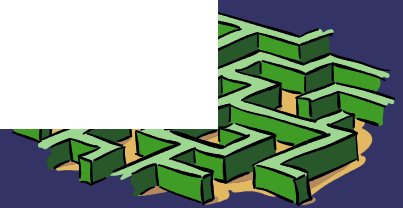
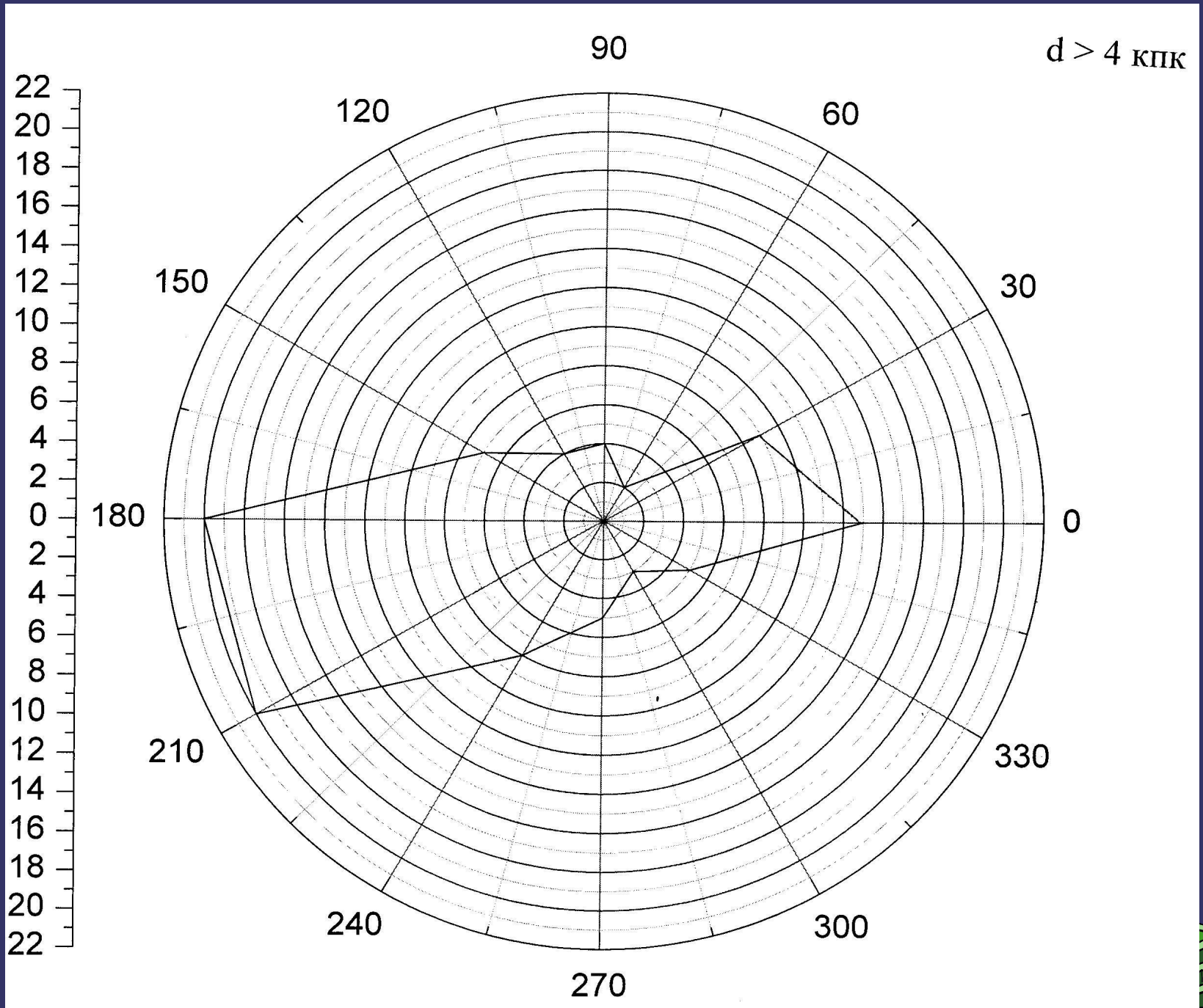


$d < 2 \text{ КПК}$



$2 \text{ КПК} < d < 4 \text{ КПК}$





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

