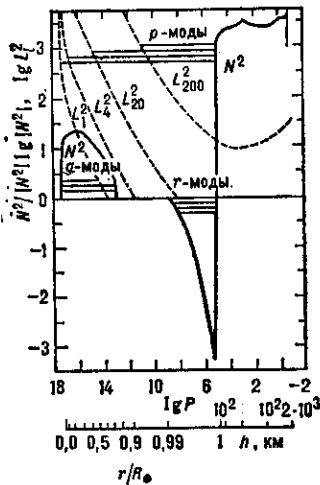


Рис. 1. Диаграмма распространения колебаний для стандартной модели Солнца. Горизонтальные прямые показывают области захвата колебаний трёх типов: акустических (p-моды), внутренних гравитационных (g-моды) и инерционных (r-моды). Значения квадратов критических частот  $N^2$  и  $L^2$  даны в единицах  $GM_{\odot}/R_{\odot}^3 = 3,9 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-2}$ ,  $h$  — высота над уровнем фотосферы.



ров зонами с  $k_r^2 < 0$  и выполнено определ. условие для фазы колебаний:

$$\int_{r_a}^{r_b} k_r dr = \pi(n + \alpha), \quad (2)$$

где  $r_a$  и  $r_b$  — точки отражения волн ( $k_r^2 = 0$ ),  $\alpha$  — число порядка 1, зависящее от характера отражающих границ. Из (1) и (2) следует, что для каждой степени  $l = 0, 1, 2, \dots$  существуют две последовательности собств. колебаний: акустические (p) моды с частотами  $\omega_{p_1} < \omega_{p_2} < \omega_{p_3} < \dots$ , увеличивающимися при возрастании радиального порядка  $n$ , и гравитационные (g) моды, частоты к-рых уменьшаются с ростом  $n$ :  $\omega_{g_1} > \omega_{g_2} > \omega_{g_3} > \dots$  ( $\omega_{g_n} \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ ). Если вращением пренебрегается, то ввиду азимутальной симметрии частота не зависит от значения  $m$ , т. е. частота моды с данными  $n$  и  $l$  ( $2l + 1$ )-кратно вырождена по  $m$ .

Результаты наблюдений и анализа колебаний Солнца. Колебат. движения газа на поверхности Солнца, называемые «пятиминутными колебаниями», открыты Р. Лейтоном (R. Leighton) в 1960. Дальнейшие детальные наблюдения показали, что «пятиминутные колебания» представляют собой наложение большого числа ( $\sim 10^7$ ) стоячих акустич. волн с характерными длинами на поверхности от  $\sim 0,005 R_{\odot}$  до  $2l R_{\odot}$  (им соответствуют степени сферич. гармоник  $0 \leq l \leq 1000$ ). В С. с. принято разделять акустические колебания на три

класса в зависимости от степени гармоник: моды высокой степени ( $100 < l < 1000$ ), моды промежуточной степени ( $4 < l \leq 100$ ) и моды низкой степени ( $0 \leq l \leq 4$ ).

Результаты наблюдений мод высокой степени представлены на рис. 2 в виде зависимости частоты колебаний  $\nu = \omega/2\pi$  от степени  $l$  или волнового числа  $k_h$

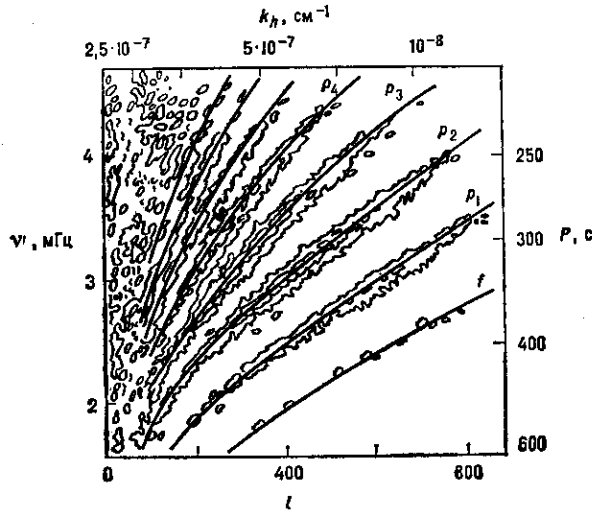


Рис. 2. Спектр мощности акустических мод высокой степени, наблюдавшихся Ф. Л. Дэйбнером, в зависимости от частоты  $\nu$  (или периода  $P$ ) и горизонтального волнового числа  $k_h$  (или степени  $l$ ). Плотность мощности колебаний в расчёте на единичные интервалы частот и волновых чисел представлена изолиниями. Жирные кривые — результат теоретического расчёта для стандартной модели Солнца.

[Ф. Л. Дэйбнер (F.-L. Deubner), 1974]. Отд. ветви на этой диаграмме соответствуют модам с радиальными порядками  $n = 1 - 7$ . Самая нижняя ветвь, обозначенная как  $f$ -мода, соответствует поверхностным гравитац. колебаниям, к-рые по своей природе аналогичны волнам на поверхности жидкости. Акустич. моды высокой степени захвачены в конвективной зоне (радиус нижней отражающей границы от  $0,9 R_{\odot}$  до  $1 R_{\odot}$ ), и поэтому от её структуры зависят частоты мод. Установлено, что наилучшее согласие наблюдаемых частот с теоретическими достигается, если глубина конвективной зоны несколько больше, чем в стандартной модели (см. в ст. Солнце раздел Внутреннее строение Солнца);  $0,3 R_{\odot}$  вместо  $0,27 R_{\odot}$ .

Наблюдения мод промежуточной степени и соотношения (1) и (2) позволили найти зависимость  $a^2(r)$ . Она хорошо согласуется со стандартной моделью внутр. строения Солнца при  $0,3 R_{\odot} < r < 1 R_{\odot}$ , но есть указание на то, что в районе от  $0,3 R_{\odot}$  до  $0,5 R_{\odot}$  скорость звука выше, чем в стандартной модели, примерно на 1%. По этим данным не удаётся найти распределение скорости звука в солнечном ядре при  $r < 0,2 R_{\odot}$  потому, что акустич. волны с  $l \geq 4$  туда не проникают.

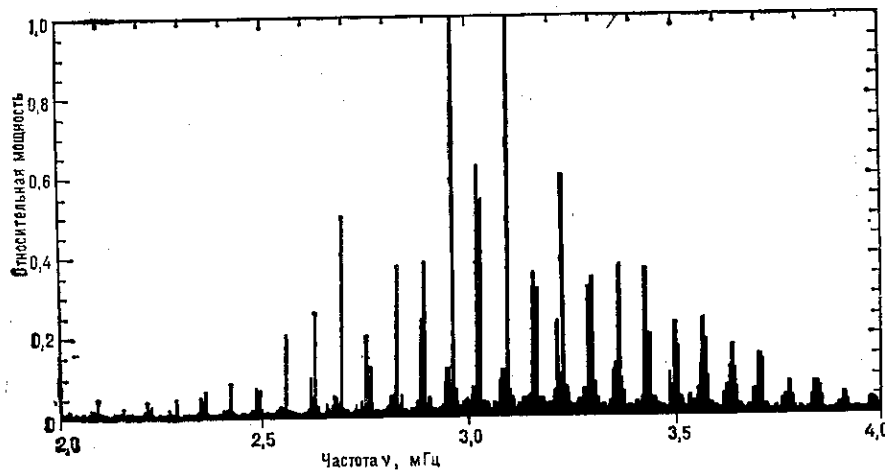


Рис. 3. Спектр акустических мод низкой степени, полученный в результате измерений доплеровских смещений спектральных линий в излучении от всего диска Солнца (А. Клавери и др., 1984).