

УДК 523.982

Основные свойства солнечных пятен

А.А. Соловьев

Главная астрономическая обсерватория РАН, г. Санкт-Петербург, Россия
solov@gao.spb.ru

Рассматривается энергетическая модель круглого униполярного солнечного пятна с нижней границей холодной плазмы и сильного магнитного поля на глубине около 4 Мм под фотосферой в соответствии с данными локальной гелиосейсмологии. Аналитически задается конфигурация магнитного поля пятна, близкая к реально наблюдаемой, так что часть магнитного потока пятна замыкается на окружающую фотосферу. На основе термодинамического описания системы рассчитаны условия равновесия солнечного пятна по горизонтали и вертикали с учетом гравитационной энергии системы и давления внешней среды. Второе из условий определяет значение равновесного магнитного поля в центре пятна B_0 как функцию его геометрического размера (радиуса тени a) и основных параметров фотосферы. Зависимость $B_0(a)$ имеет насыщение, стремясь при росте размера пятна к некоторой предельной величине (около 3700 Гс), которая определяется свойствами фотосферы, ускорением силы тяжести на поверхности Солнца и отношением размера пятна с полутенью a_p к радиусу его тени a . Показано, что подфотосферные течения в окрестности пятна не играют существенной роли в поддержании его равновесия и устойчивости. Стабильность солнечного пятна обеспечивается понижением его гравитационной энергии, связанным с перераспределением плотности массы по вертикали и образованием вильсоновской депрессии, глубина которой линейно зависит от напряженности магнитного поля пятна. Область устойчивых равновесий пятна ограничена сверху: при a больше некоторого предельного значения (около 20 Мм) система теряет устойчивость. Этим объясняется отсутствие на Солнце пятен очень большого размера. Показано, что наибольшим запасом устойчивости обладают пятна с напряженностью поля 2600–2800 Г и радиусом тени около 5 Мм. Для таких пятен период собственных колебаний, как целостных магнитных структур, минимален и составляет 12–14 часов.