

Авторы:

К. В. Краснобаев^{1,2}, Р. Р. Тагирова¹

¹ *Институт космических исследований РАН,*

² *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Научное направление: астрономия, астрофизика и исследования космического пространства, в том числе исследования происхождения, строения и эволюции Вселенной, галактик и звезд, Солнца и солнечных связей, экзопланет, планет солнечной системы, Земли и Луны.

Название:

Развитие акустической моды тепловой неустойчивости вблизи границы области фотодиссоциации.

Ссылка на статью в рецензируемом журнале:

Krasnobaev K. V. and Tagirova R. R. Isentropic thermal instability in atomic surface layers of photodissociation regions// MNRAS 469, 1403–1413 (2017).

Аннотация:

Рассматривается развитие акустической моды тепловой неустойчивости в атомарной зоне области фотодиссоциации (PDR), примыкающей к области ионизованного водорода. В этой зоне основные процессы нагрева и охлаждения газа обусловлены соответственно фотоэлектронной эмиссией от малых пылинок и молекул PAH и возбуждением уровней тонкой структуры ионов углерода и атомов кислорода при столкновениях с атомами водорода (высвечивание в линиях CII 158, OI 63 и OI 146 мкм). Возникает многопараметрическая зависимость критерия развития неустойчивости от условий среды. Установлено, что среда термически неустойчива в весьма плотных PDR с высокой интенсивностью проникающего в них излучения, т.е. $3 \times 10^3 < G_0 < 10^6$ и $4.5 \times 10^4 < n < 10^6 \text{ см}^{-3}$ при $360 < T < 10^4 \text{ K}$, для типичных обилий углерода $\xi_C = 1.4 \times 10^{-4}$ и кислорода $\xi_O = 3.2 \times 10^{-4}$ и для оптически тонких линий. Найдено, что с учетом непрозрачности линий высвечивания расширяется область значений G_0 , n и T . На критерий неустойчивости существенно влияют соотношения обилий ξ_C и ξ_O . Приведены примеры наблюдаемых PDR, в которых возможна неустойчивость. Для них найдено характерное время развития возмущений $t_{\text{inst}} \sim 10^3 - 10^4$ лет и расстояние, характеризующее появление вторичных волн, $L \sim 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$ пк. Для объектов возраст которых превышает t_{inst} и масштабы атомарной зоны в которых больше L , можно ожидать существенного влияния неустойчивости на структуру PDR. Термически неустойчивые PDR характеризуются присутствием множественных ударных волн, турбулентными скоростями порядка нескольких км/с и волокнистыми неоднородностями с повышенными значениями плотности и температуры газа.

Annotation:

We consider evolution of an isentropic thermal instability in the atomic zone of a photodissociation region (PDR). In this zone gas heating and cooling are mainly associated with photoelectric emission from dust grains and fine-structure lines ($[\text{C II}]$ 158, $[\text{O I}]$ 63, and $[\text{O I}]$ 146 μm), respectively. The instability criterion has multi-parametric dependence on conditions of the interstellar medium. We found that the instability occurs when the intensity of the incident far-ultraviolet field G_0 and gas density n are high. For example, we have $3 \times 10^3 < G_0 < 10^6$ and $4.5 \times 10^4 < n < 10^6 \text{ cm}^{-3}$ at the temperatures $360 < T < 10^4 \text{ K}$ for optical thin fine-structure lines and for typical carbon and oxygen abundances $\xi_{\text{C}} = 1.4 \times 10^{-4}$ and $\xi_{\text{O}} = 3.2 \times 10^{-4}$. If we take into account the lines opacity, these ranges of G_0 , n , and T are expanded. Moreover, the instability criterion significantly depends on a relation between ξ_{C} and ξ_{O} abundances. We also give examples of observed PDRs, where instability could occur. For these PDRs the characteristic perturbation growth time is $t_{\text{inst}} \sim 10^3$ -- 10^4 yr and the distance characterizing the formation of secondary waves is $L \sim 10^{-3}$ - 5×10^{-2} pc. For objects which are older than t_{inst} and have sizes of the atomic zone larger than L , we expect that instability significantly influences on the PDR structure. The presence of multiple shock waves, turbulent velocities of several kilometers per second, and inhomogeneities with the higher density and temperature than in the surrounding medium can characterize the isentropic thermal instability in the PDRs.