

Новые эффекты в конверсии ядерных спиновых изомеров молекул воды

Novel effects in conversion of nuclear spin isomers of water molecules

Авторы: Мамрашев А.А., Чаповский П.Л.

Authors: Mamrashev A.A., Chapovsky P.L.

Молекулы воды чрезвычайно важны для фундаментальной науки и техники. В природе молекулы воды существуют в виде ядерных спиновых изомеров, орто- H_2O и пара- H_2O , различающихся взаимной ориентацией спинов ядер водорода. В серии теоретических исследований предсказаны новые физические эффекты для изомеров молекул воды. Объяснено существование неисчезающей фракции орто- H_2O внутри фуллерена C_{60} при охлаждении [1]. Предсказана высокая стабильность изомеров, например при комнатной температуре и давлении 5 торр время их жизни составляет 18 часов [2]. Предсказано аномальное ускорение конверсии изомеров (в ~ 260 раз) в колебательно-возбужденном состоянии $2\nu_2$ по сравнению с основным состоянием [3]. Предсказан значительный изотопный эффект в конверсии молекул H_2^{17}O при низких температурах (рис. 1). Ускорение конверсии в колебательно-возбужденных состояниях можно применить для создания нового метода обогащения изомеров молекул воды лазерным излучением. Предсказанные новые эффекты в конверсии изомеров молекул воды могут найти применение в астрофизике и технологиях ядерного магнитного резонанса.

Water molecules are extremely important for fundamental science and technology. Water molecules exist in nature in the form of nuclear spin isomers, ortho- H_2O , and para- H_2O , which differ in the mutual orientation of the spins of their hydrogen nuclei. Novel effects for the isomers of water molecules are predicted in a series of theoretical studies. The existence of a non-vanishing fraction of ortho- H_2O inside the C_{60} fullerene at low temperatures is explained [1]. High stability of water isomers is predicted, for example, their lifetime is 18 hours at room temperature and a pressure of 5 torr [2]. Anomalous acceleration (by ~ 260 times) of isomer conversion is predicted in the vibrationally excited state $2\nu_2$ compared to the ground state [3]. A considerable isotope effect is predicted in conversion of H_2^{17}O molecules at low temperatures (Fig. 1). Acceleration of conversion in vibrationally excited states can be used for the development of a new method of enrichment of water isomers by laser radiation. Predicted new effects in conversion of water isomers can find applications in astrophysics and nuclear magnetic resonance technology.

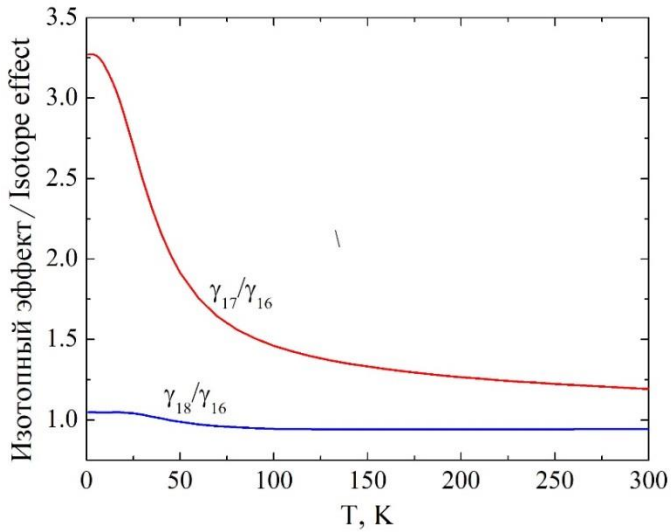


Рис. 1. Температурная зависимость изотопного эффекта (отношения скоростей конверсии γ) в конверсии ядерных спиновых изомеров молекул H_2^{17}O и H_2^{18}O

Fig. 1. Temperature dependence of the isotope effect (ratio of conversion rates γ) in conversion of nuclear spin isomers of H_2^{17}O and H_2^{18}O molecules

Публикации/References:

1. Чаповский П.Л., Мамрашев А.А. Аномальное орто/пара отношение ядерных спиновых изомеров H_2O при низких температурах // Письма в ЖЭТФ. – 2020. – Т. 111, № 1/2. – С. 75–79. – DOI 10.31857/S0370274X20020046.
2. Charovsky P.L., Mamrashev A.A. Nuclear spin conversion in H_2O revisited // Physical review A. – 2021. – Vol. 104. – P. 052816 (7 pp.). – DOI 10.1103/PhysRevA.104.052816.
3. Мамрашев А.А., Чаповский П.Л. Ускорение конверсии ядерных спиновых изомеров молекул воды при их колебательном возбуждении // Письма в ЖЭТФ. – 2021. – Т. 114, № 9/10. – С. 699–703. – DOI: 10.31857/S1234567821220122.