

Устный доклад

КВАНТОВЫЕ ОТЛИЧИЯ ОРТО-ПАРА-Н₂O И ФОТОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ ЭФФЕКТ ИСПАРЕНИЯ

Першин С.М.

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

e-mail: pershin@kapella.gpi.ru

Недавно [1] открыто новое явление в физике воды: «фотомолекулярный эффект» – увеличение скорости испарения открытой поверхности воды *без её термического нагрева* при непрерывном освещении светодиодом в видимом диапазоне (максимум в зелёном диапазоне). Получено 3-4 кратное превышение скорости теоретического предела испарения: 1.45 kg/(m²h) при постоянной Солнца: $q = 1 \text{ kW/m}^2$. Авторы использовали 14 разных методов проверки явления и получили подтверждение. Несмотря на тщательность измерений, механизм явления остаётся пока неясным. Авторы оперировали с мономерами Н₂O без учёта их спиновых отличий, а также новых свойств поверхности, которые мы взяли за основу в нашем поиске механизма из первых принципов повышения скорости испарения без увеличения энергии.

Мы обнаружили [2], что вода содержит орто- (имеет магнитный момент и всегда вращается) и пара- (не магнит и часть молекул не вращается) изомеры Н₂O. Более того, вода - неравновесная жидкость (по спиновой температуре) с отношением орто/пара=1:1 [2], что соответствует температуре ~30 К (т.е. глубокому «переохлаждению»), поэтому вода стремится к равновесному отношению (о/п=3:1) при любых воздействиях неё с конверсией пара-орто (поворотом спина протона). Известно [3], что закон сохранения спина запрещает поворот спина протона в Н₂O, но катализатор (ионы, молекулы триплетного О₂ с неоднородным магнитным полем) снимает запрет, особенно в смешанных квантовых состояниях близко расположенных уровней обоих изомеров. В воде всегда есть катализатор: растворённый триплетный кислород с магнитным полем спинов двух электронов на разных орбитах, который обеспечивает конверсию изомеров Н₂O в воде.

Спин-конверсия без затрат энергии [3], квантовые отличия спиновых изомеров Н₂O и условия фотомолекулярного эффекта [1] дают новый механизм повышения скорости испарения воды без её нагрева с учётом новых свойств поверхности воды. Так (1) - у поверхности воды образуется слой льдоподобных структур [4-6] с орто и пара изомерами Н₂O [7] и равновесным отношением 3:1; (2) - фотоны (длина волны 532 нм, ~18 797 см⁻¹) обеспечивают условия резонансной накачки молекулы Н₂O на высокий уровень (~18 796 см⁻¹), который релаксирует по переходам составных колебаний ν_1 - ν_2 - ν_3 с разным числом фотонов ~ 0-8⁻²; (3) – некоторые из этих уровней одного изомера Н₂O близко расположены к уровню другого изомера и образуют с ним смешанное квантовое состояние с конверсией спина в сторону равновесного отношения о/п=3:1 [7]; (4) – увеличение числа всегда вращающихся орто-Н₂O в поверхностном слое льдоподобных структур увеличивает вероятность испарения без потребления дополнительной энергии.

Данные исследования проводились при поддержке гранта РНФ 23-42-10019

Литература:

- [1] Y. Tu, J. Zhou, Sh. Lin, M. Alshrah, X. Zhao, and G. Chen, Plausible photomolecular effect leading to water evaporation exceeding the thermal limit, PNAS, 120(45) e2312751120 (2023). doi.org/10.1073/pnas.2312751120
- [2] Pershin S.M. and Bunkin A.F., "Temperature Evolution of the Relative Concentration of the H₂O ortho/para Spin Isomers in Water Studied by Four-Photon Laser Spectroscopy, Laser Phys. 19(7), 1410-1414 (2009).
- [3] Xavier Michout Anne-Marie Vasserot, Luce Abouaf-Marguin, (2004) "Temperature and time effects on the rovibrational structure of fundamentals of H₂O trapped in solid argon: hindered rotation and RTC satellite," Vibr. Spectros., 34, 83-93. Chen, G., Lv, G., Tu, Y., & Zhang, J. "Discovery of the photomolecular effect in hydrogels" (2023).
- [4] X.Wei, P.B. Miranda, and Y.R. Shen, Surface Vibrational Spectroscopic Study of Surface Melting of Ice, Phys. Rev. Lett., V. 86 (19), 1554-1558 (2001)
- [5] K.B. Jinesh et. al., Experimental Evidence for Ice Formation at Room Temperature, Phys. Rev. Lett., 101, 036101(4) (2008)
- [6] H. Yui, H. Fujiwar, T. Sawad, Spectroscopic analysis of total-internal-reflection stimulated Raman scattering from the air/water interface under the strong focusing condition, Chemical Physics Letters, 360, 53–58 (2002)
- [7] E. V. Stepanov, V. K. Konyukhov, and S. M. Pershin, Laser Analysis of the Evaporation Dynamics of Water Spin Isomers, J. Phys. of Wave Phenomena, 32(3), 81-88 (2024). DOI: 10.3103/S1541308X24700225
- [8] Я.Б. Зельдович, А. Л. Бучаченко, Е. Л. Франкевич, Магнитно-спиновые эффекты в химии и молекулярной физике, УФН, 155(1), 3-45 (1988)