

ПРИРОДА ШАРОВОЙ МОЛНИИ

Известно, полярные молекулы притягиваются к ионам, причем их энергия связи может оказаться весьма значительной. Так, молекула воды имеет дипольный момент $p = 6,1 \cdot 10^{-30}$ Кл·м и ее энергия связи с однократно заряженным ионом оказывается около 1 эВ, если расстояние r между ионом и центром диполя составляет $2 \cdot 10^{-10}$ м. Подчеркнем, что в данном случае речь идет только об электростатической энергии, равной $pe/(4\pi\epsilon_0 r^2)$ (ϵ_0 электрическая постоянная, e -заряд электрона). Она достаточно велика, чтобы при не очень высоких температурах ион и дипольная молекула образовали прочное соединение. В присутствии большого количества таких молекул у иона может возникнуть устойчивая сольватная оболочка (рис. 1). Ион вместе со своей оболочкой составляет крупную частицу – сольватированный ион, который также называют кластерным ионом или просто кластером.

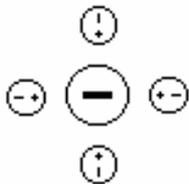


Рис. 1

В гидратных кластерах $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_7$ и $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_7$, которые являются наиболее распространенными в смеси ионов и паров воды в атмосфере при давлении около 10^5 Па и температуре меньше 230°C , кластерная оболочка, состоящая из нейтральных молекул воды, имеет энергию связи около 6 эВ, и, естественно, она не должна разрушаться от соударений при температуре ниже 1400°C . Предположим, что такая оболочка может помешать рекомбинации. Допустим, что шаровая молния (ШМ) состоит из кластерных ионов. При невысоких температурах, характерных для ШМ, свободные электроны соединяются с нейтральными

атомами или молекулами, образуя отрицательный ион, который затем сольватируется. Для выполнения условия квазинейтральности количество положительных и отрицательных ионов должно быть приблизительно одинаковым. Если кластерные оболочки действительно могут задержать рекомбинацию, то это объясняет, почему ШМ существует в течение долгого времени.

Образование ШМ происходит в два этапа.

Первый этап. Если по тем или иным причинам канал линейной молнии (ЛМ) обрывается в некотором месте, то заряд, переносимый через канал, начинает накапливаться и затем быстро стекать в воздух. При этом напряжение резко возрастает и заряд должен стекать главным образом в виде электронных пучков, которые могут быть ускорены до энергии в сотни килоэлектрон-вольт, каждый электрон по современным данным создает на своем пути около тысячи пар ионов, в то же время довольно слабо нагревая пробиваемый газ. Температура такой области во много раз ниже температуры канала ЛМ и едва ли превышает, особенно в ее периферических частях, несколько сотен градусов. В таких условиях образовавшиеся ионы быстро гидратируются (за время порядка 10^{-8} с) и начинают стягиваться вместе, если их плотность оказалась достаточно большой.

Второй этап. Эта фаза образования ШМ занимает, по-видимому, значительно больше времени, чем первый этап, – около 1-2 с. Именно о ней и говорят наблюдатели, когда описывают появление ШМ. Речь идет о процессе конденсации образовавшегося ионного вещества в более плотное сферическое образование, что соответствует уменьшению объемной энергии системы, и ведет к сжатию ионного вещества до размеров шара под действием электродинамической силы со стороны магнитного поля, порождаемого самим веществом.

ШМ движется горизонтально или падает вниз, или перемещается вверх, не приобретая большой скорости. Это определенно указывает на то, что плотность ее вещества практически равна плотности окружающего воздуха или лишь немного превосходит ее. Кроме силы тяжести и архимедовой силы на ШМ вблизи Земли действуют электрические поля. Во взвешенном состоянии движение молнии зависит либо от воздушных потоков, либо от небольших горизонтальных градиентов электрического поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стаханов И.П. Кластерная плазма и излучение шаровой молнии // Журнал технической физики. 1976. Т. 46. № 1. С. 82.