

Описание доплеровского контура спектральных линий

Невдах В.В.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что в разреженных газообразных средах спектральные линии излучения молекул (или атомов) являются неоднородно уширенными из-за хаотического теплового движения молекул. Каждая движущаяся молекула является источником излучения, движущимся со своей скоростью относительно приемника. Вследствие эффекта Доплера приемник регистрирует излучение от движущихся молекул на частотах ν , отличных от частоты излучения ν_0 , регистрируемого им от неподвижных молекул. Это так называемое доплеровское уширение спектральной линии, контур которой в современной физической литературе принято описывать формулой

$$S(\nu) = S_0 \exp\left(-\frac{mc^2(\nu - \nu_0)^2}{2kT\nu_0^2}\right), \quad (1)$$

где S_0 – спектральная плотность интенсивности излучения в центре линии на частоте ν_0 , m – масса молекулы, T – температура газа. Такой контур спектральной линии называется гауссовым, так как совпадает с кривой нормального закона распределения Гаусса.

Формула (1) получается из функции распределения молекул по скоростям Максвелла и формулы, описывающей эффект Доплера в случае движущегося источника. При этом считается, что имеет значение только проекция скорости молекул на направление к приемнику. Если эта проекция равна v , то регистрируемая приемником частота излучения (при $v \ll c$) определяется формулой для эффекта Доплера в виде

$$\nu = \nu_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right). \quad (2)$$

Из формулы (1) видно, что максимальная интенсивность спектральной линии S_0 приходится на частоту ν_0 , а из формулы (2) следует, что излучение на частоте ν_0 приемник может регистрировать только от неподвижных молекул газа. Однако, согласно распределению молекул по скоростям Максвелла неподвижных молекул при любой конечной температуре газа нет.

Следовательно, используемая в современной физической литературе формула (1) была получена некорректно и не описывает доплеровский контур спектральной линии.