

Отзыв научного руководителя
о диссертационной работе Крапивина Дмитрия Андреевича
«Электронные переходы в двухатомных квазимолекулах при взаимодействии с импульсами
сильного электромагнитного поля», представленной на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.3. Теоретическая физика

Диссертационная работа Крапивина Дмитрия Андреевича посвящена исследованию электронных переходов в двухатомных квазимолекулах при взаимодействии с импульсами сильного электромагнитного поля. Следует сказать, что интерес к изучению взаимодействия молекул и квазимолекул с лазерным излучением не ослабевает в течение нескольких десятилетий. По сравнению с атомами, молекулы обладают дополнительными степенями свободы, связанными с ориентацией в пространстве и длиной молекулярных связей. Это делает их отклик на действие лазерного излучения более сложным, чем у атомов, и ставит более трудные задачи перед исследователями. Новый импульс развитию этого направления в атомно-молекулярной физике в последнее время придали достижения в области лазерных технологий, в частности, появление источников мощного когерентного излучения в ультрафиолетовой области вплоть до рентгеновского диапазона. Современная техника эксперимента при этом позволяет проводить измерения для разнообразных процессов с участием молекул в лазерных полях, строить изображения молекулярных орбиталей, наблюдать интерференционные явления, в которых закодирована важная информация о структуре молекул и т. д.

В рамках темы диссертации исследовались следующие задачи. В первой главе содержатся результаты изучения зависимости полной вероятности ионизации молекулы H_2^+ и распределения фотоэлектронов по углу вылета и энергии от ориентации молекулярной оси относительно вектора поляризации лазерного поля. Расчёты аспиранта Д. А. Крапивина для антисимметричной молекулярной орбитали $1\sigma_u$ в качестве начального состояния электрона в молекуле H_2^+ выявили аномальный характер зависимости вероятности ионизации от ориентации молекулярной оси в некотором интервале длин волн лазерного излучения, когда максимальная вероятность соответствует перпендикулярной ориентации, а при параллельной ориентации, напротив, наблюдается минимум. Эти новые интересные результаты нашли своё объяснение при учёте конструктивной двухцентральной интерференции, максимум которой соответствует геометрии, когда ось молекулы не параллельна электрическому полю лазерного излучения. Эффект проявляется не только в зависимости полной вероятности ионизации от ориентации оси молекулы, но и в угловых распределениях фотоэлектронов, когда при параллельной ориентации оси молекулы наблюдается локальный минимум распределения как раз вдоль этой оси. Вторая глава диссертации посвящена исследованию нелинейной ионизации релятивистских гомоядерных квазимолекул в сверхсильных электромагнитных полях. Проведённые Д. А. Крапивиним расчёты и полученные результаты показывают усиление релятивистских эффектов с ростом заряда ядра. Вероятность ионизации при этом уменьшается по сравнению с нерелятивистским значением. Основным фактором, определяющим этот эффект в рамках электрического дипольного приближения, является увеличение потенциала ионизации релятивистского водородоподобного иона по сравнению с аналогичной нерелятивистской системой. Для квазимолекулярных ионов картина усложняется за счёт возможных резонансных эффектов при изменении межъядерного расстояния. Расчёты, проведенные за рамками дипольного приближения, позволяют судить о возрастании роли недипольных эффектов с ростом заряда ядра. В третьей главе диссертации решается задача о влиянии лазерного поля на процессы перезарядки и ионизации при столкновении протона с атомом водорода. Особое внимание уделено изучению роли фазы электромагнитного поля. Установлено, что при медленных столкновениях (скорость налетающего протона 0.1 а.е.) для лазерного поля инфракрасного диапазона фаза электромагнитного поля существенным образом влияет на ионизацию и

переход электрона с мишени на снаряд. Для поля с частотой в далекой ультрафиолетовой области, напротив, влияние фазы становится незначительным. Эти результаты нашли свое обоснование при исследовании динамики ионизации и переноса заряда, которая определяется суперпозицией кулоновского поля ядер и лазерного поля в области малых межъядерных расстояний.

При решении указанных задач Д. А. Крапивин проявил высокую степень самостоятельности. Все важные результаты были получены им лично. Он также проделал серьезную работу по освоению, разработке и внедрению алгоритмов вычислений на многопроцессорных компьютерных системах и выполнил большой объем вычислений. Результаты работы нашли отражение в трех статьях, опубликованных в международных рецензируемых журналах, а также докладывались на всероссийских и международных научных конференциях. Это подтверждает высокое качество выполненной работы.

По моему мнению, диссертационная работа Д. А. Крапивина соответствует высоким международным стандартам научных исследований в области теоретической атомно-молекулярной физики. Считаю, что Крапивин Дмитрий Андреевич продемонстрировал квалификацию исследователя, в полной мере отвечающую уровню кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — теоретическая физика.

Тельнов Дмитрий Александрович,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры квантовой механики СПбГУ

Д.А. 8.12.2023

Личную подпись
Д. А. Тельнов
заверяю
И.О. начальника отдела кадров №3
И.И. Константинова *Константинова*

8.12.2023

