

## ОТЗЫВ

официального оппонента Смирнова Александра Михайловича на диссертацию Акмаева Марка Александровича «Экситонная динамика в монослоях дихалькогенидов переходных металлов», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

В диссертации Акмаева М. А. экспериментально исследуется динамика и пространственно-временные характеристики экситонной системы в монослоях дихалькогенидов переходных металлов (ДХПМ)  $\text{MoS}_2$  и  $\text{WSe}_2$ . Упор сделан на определение особенностей фотолюминесценции (ФЛ) свободных и локализованных экситонных состояний.

В первую очередь **актуальность** диссертационного исследования обусловлена большим интересом к экситонной физике в двумерных системах. Активное исследование экситонов началось с середины прошлого века в объемных полупроводниках и полупроводниковых квантовых ямах, свойства которых достаточно подробно изучены. Монослои ДХПМ представляют новую платформу для изучения экситонной физики. Основной особенностью монослоев ДХПМ является большая энергия связи экситонов, которая составляет 200-500 мэВ, в результате чего экситоны являются основным состоянием даже при комнатной температуре. Это сильно отличает монослои ДХПМ от классических полупроводников, где экситонные эффекты проявляются только при криогенных температурах. Кроме большой энергии связи экситонов в монослоях ДХПМ реализуется прямой оптический переход, в отличие от слоев толщиной в два и более слоев.

Устойчивость экситонных состояний в монослоях ДХПМ при комнатной температуре позволяет проследить за изменениями экситонной системы в широком диапазоне температур, что не всегда возможно реализовать в других материалах. Измерение пространственно-временных характеристик всегда представляло непростую, но интересную экспериментальную задачу. В литературе уделено мало внимания диффузии экситонов в монослоях ДХПМ, а поэтому изучение в диссертации пространственно-временных характеристик представляется актуальным. Стоит отметить, что в диссертационной работе Акмаев М. А. делает упор на изучении не только свободных экситонов, но и связанных экситонов в монослоях  $\text{MoS}_2$ , а также локализованных экситонов в монослоях  $\text{WSe}_2$ . Ввиду сложности определения динамики локализованных и связанных экситонных состояний они остаются малоизученными, а

