

Диссертация посвящена изучению серии из трёх избранных вопросов, объединяемых её темой, а именно: все вопросы так или иначе связаны с изучением кинетических явлений — в первую очередь, транспортных свойств — в мезоскопических квантовых системах с замороженным беспорядком.

Первая часть посвящена изучению спинового и теплового транспорта в XXZ спиновой цепочке при ненулевых температурах при наличии слабого замороженного беспорядка (в виде случайных магнитных полей, направленных вдоль оси z), при значениях параметра анизотропии, соответствующих наличию безмассовых возбуждений в «чистой» цепочке. При этом свободная система описывается моделью жидкости Латтинджера, про которую известно положение параметрической области, при которой слабый замороженный беспорядок является irrelevantным в смысле ренормгруппы, и допускается пертурбативное рассмотрение влияния такого беспорядка при ненулевой температуре на кинетические свойства системы — транспорта спина и тепла через систему. Однако, в данной модели также имеется другой класс irrelevantных возмущений, связанный с нелинейностью спектра. Особенности одномерной кинематики в задаче с линейным спектром не позволяют построить простую теорию возмущений; и первая часть диссертации посвящена построению самосогласованной процедуры пересуммирования сингулярных диаграмм в ряду теории возмущений, благодаря чему удаётся определить время жизни низкоэнергетических бозонных возбуждений, и, как следствие, оценить влияние этого эффекта на транспортные свойства системы.

Во второй части исследуется парапроводимость сильно-неупорядоченных сверхпроводников с развитой псевдощелью — так что эффективно одноэлектронные возбуждения при рассматриваемых температурах отсутствуют, а имеются двухэлектронные возбуждения, связанные с заселением парой электронов с противоположными спинами одного локализованного состояния. Это обстоятельство позволяет построить модель, основанную на псевдоспиновом представлении Андерсона. Предполагая радиус взаимодействия в данной модели большим — что физически обусловлено наличием большой длины локализации в системе — строится описание системы на языке теории среднего поля. В рамках такого описания идентифицируется положение сверхпроводящего перехода и исследуется поведение системы в его окрестности. В окрестности перехода показано наличие трёх температурных областей. Имеется область гауссовых флуктуаций $\epsilon = \frac{T-T_c}{T_c} \gg Gi^{1/d}$ ($d = 2, 3$ — размерность пространства, Gi — число Гинзбурга), в которой ожидается воспроизведение стандартного ответа Асламазова и Ларкина для неупорядоченных сверхпроводников $\sigma_{AL} \propto \epsilon^{(4-d)/2}$, однако полученный ответ превосходит известный для диффузионного случая в два раза. В промежуточной области, задаваемой критерием $Gi \ll \epsilon \ll Gi^{1/d}$, влияние негауссовых флуктуаций параметра порядка оказывается значительным; однако, немаловажно, что эти флуктуации оказываются локальными в пространстве, и как следствие сверхпроводящее состояние оказывается по-прежнему пространственно однородным. Ожидается, что ответ Асламазова и Ларкина в этой области по-прежнему применим, однако с точностью до неуниверсального численного фактора (потенциально, зависящего от температуры, хоть и не сингулярно) $\sigma \sim C(T)\sigma_{AL}$, $C(T) = O(1)$. Наконец, ближайшая область к переходу соответствует стандартному критерию Гинзбурга $\epsilon = \frac{T-T_c}{T_c} \lesssim Gi$; это область сильных флуктуаций, которая, в частности, характеризуется сильной пространственной неоднородностью сверхпроводящего состояния.

Наконец, заключительная часть диссертации посвящена коллективному пиннингу в сильно неупорядоченных сверхпроводящих тонких плёнках при наличии большой плотности вихрей, связанных с приложенным магнитным полем $B \ll H_{c2}$. Для анализа возникающего стеклового состояния разработана модель, напоминающая модель кулоновской щели Эфроса и Шкловского, и которая затем исследуется методами теории спиновых стёкол. Показано, что

в такой системе при некой температуре T_c возникает неустойчивость, связанная с возникновением стекольного состояния. В задаче отсутствует малый параметр, контролирующий флуктуации в окрестности стекольного перехода, поэтому аналитически исследовано поведение низкотемпературной фазы $T \ll T_c$, используя приближение одноступенчатого нарушения репличной симметрии. Показано, что в локальной функции распределения энергий пиннинга отдельного вихря возникает широкая щель; иными словами, вероятность обнаружить слабо запинингованный вихрь оказывается очень малой. Как следствие, ожидается, что при низких температурах в данной системе восстанавливается сверхпроводящий отклик, характеризующийся отличной от нуля сверхтекучей плотностью.